Chem. 237t

Mulder.

237

Versuch

einer allgemeinen

physiologischen Chemie,

von

G. J. Mulder,
Professor an der Universität zu Utrecht.

Aus dem Holländischen übersetzt

von

Jac. Moleschott.

Erste Lieferung.
Bogen 1—8.

Heidelberg,
Akademische Verlagshandlung von C. F. Winter.
1844.

Chem. 237 t

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Das ganze Werk wird aus sieben bis acht Lieferungen bestehen; die zweite Lieferung wird Mitte März, die dritte Anfang April l. J. ausgegeben; die folgenden Lieferungen werden so schnell folgen, als es überhaupt möglich ist.

Heidelberg, im Februar 1844.

Akadem. Verlagshandlung von C. F. Winter.

Bayerische Staatsbibliothek München

Chem. 257-t

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

An J. J. Berzelius.

Wenn es überhaupt eine grosse Freude ist, dankbar sein zu können, so ist dies fürwahr mit mir der Fall, wenn ich bedenke, wie viel ich Ihnen verdanke; Ihnen dem scharfsinnigsten Experimentator, Ihnen, dem tiefen Erforscher der Geheimnisse der Natur, Ihnen, dem Gründer der Chemie. Als ein Kind in der Wissenschaft haben Sie mich aufgenommen, mich ermuntert, mir Rath ertheilt; als ich heranwuchs, haben Sie, als der beste Führer, mir den Weg gezeigt, den ich einschlagen musste zur Erforschung der Wahrheit, und zwar der Wahrheit höherer Ordnung, der Wahrheit, die sich für Menschen erreichen lässt, wenn sie auch, wie alles Gute, von göttlichem Ursprung ist. Und, als wenn das Maass Ihrer Güte zu mir überfliessen müsste, sogar meine persönlichen Interessen, die meiner Stellung zur menschlichen Gesellschaft, meines Lebens, wurden, ohne dass ich Sie darum ersucht hatte, ohne mein Wissen von Ihnen beherzigt und aufs Kräftigste gefördert.

Glauben Sie mir, wenn es mir jemals angenehm ist, dankbar zu sein, so ist es dann der Fall, wenn ich Ihnen dankbar bin. Sind Ihre Sorgen für mich väterlich gewesen, so ist meine Dankbarkeit die eines Kindes, welches die Wohlthaten anerkennt, die es von seinem Vater in reichlicher Fülle genossen hat.

Bei der Herausgabe dieses Versuchs einer physiologischen Chemie war es mir Bedürfniss, Ihnen diese Dankbarkeit öffentlich an den Tag zu legen. Nehmen Sie diesen Versuch, so wie Sie Alles von mir aufgenommen haben, wohlwollend und freundlich auf. Wenn sich etwas Gutes in demselben findet, so gehört es Ihnen; denn Sie haben mich gebildet in der Wissenschaft, an deren Spitze ein Jeder Sie ohne Rückhalt stellt. Und wenn Ihr erleuchtetes Auge Fehler entdeckt, die Sie, wie ich weiss, entdecken werden, so berichtigen Sie mich, wie Sie bisher dies ohne Unterbrechung thaten.

Ihr theures Leben bleibe noch lange, was es bisher war, ein Segen für dieses Jahrhundert und für die Zukunft.

Utrecht, im April 1843.

G. J. Mulder.

Vorwort.

In der letzten Zeit ist ein kräftiges Streben bei den Naturforschern erwacht, einiges Licht zu verbreiten über die Eigenthümlichkeiten des lebenden Naturreichs. Die Versuche, welche dazu angestellt werden, können nur mit einem mangelhaften Erfolge gekrönt werden, in einer Zeit, in welcher das Maass der Kenntniss noch gering, die Zahl der Thatsachen noch beschränkt, die Data, um ein Ganzes aufzubauen, noch unvollkommen sind. Eine Naturwissenschaft erfordert eine unübersehbare Reihe gut beobachteter und geordneter Facta, als die Basis, auf welcher das Gebäude aufgeführt werden muss.

Ohne diese ist das Gebäude schwach oder unvollkommen, und manche Theile desselben lassen sich nicht vollenden. Was in Betreff der Facta fehlt, ist durch nichts Anderes zu ersetzen, ohne dass es dem Gebäude zum Nachtheil gereiche. Die schönsten Speculationen ertragen den Zahn der Zeit eben so wenig, als Kartenhäuschen; die scheinbar am festesten begründeten Theorien werden oft durch eine einzelne rein empirische Wahrheit gestürzt. Nur das unwidersprechlich Wahre, d. h. das was durch unbefangene Beobachtung an's Licht gebracht ist, hat einen bleibenden Werth in der Wissenschaft der Natur.

Es ist von selbst einleuchtend, dass in einer Zeit, in welcher man anfängt, es zu wagen, den Schleier zu heben, den man für den schwersten der bestehenden hielt, das Resultat nur ein höchst mangelhaftes sein kann. Die Lehre vom Leben, glaubt man, gehe, was ihren dynamischen Theil betrifft, über die menschliche Geisteskraft hinaus, und man hat sogar darin ihre Vortrefflichkeit gesucht, dass der menschliche Geist von derselben nichts fassen könne. Was die Entstehung, die Entwickelung, das Wachsthum, die Verrichtungen von Pflanzen und Thieren betraf, war im Verhältnisse zu den Grundursachen der Wirkung in undurchdringliche Nebel gehüllt. Kein Auge, glaubte man, sei im Stande, diese zu durchdringen.

So denkt man aber jetzt nicht mehr allgemein über die Schönheiten, welche darin ausgebreitet sind. Indem man aber kaum weiss, was man von denselben kennen will, indem man nur mit Mühe die Grenzen zu bestimmen weiss von dem was jetzt zu wissen möglich und jetzt unerreichbar ist, — sucht man doch, und

man findet etwas. Der unübersehbare Schatz von Kenntnissen, welcher die sogenannte todte Natur in unsern Tagen beleuchtet, ist die Grundlage, auf welcher man weiter baut; der Leitfaden, an welchen man sich in der Finsterniss anschmiegt, um von dem sichern Weg nicht abzuirren; der Führer, der nicht verlässt, oder nicht verlassen kann. Man sucht vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren zu steigen; man bricht die unübersehbare Scheidewand, die man zwischen Tod und Leben in früheren Tagen aufgeführt hatte, allmälig ab, und indem man ungezwungen dort einen Zusammenhang erforscht, wo dieser wirklich stattfindet, sieht man über manche Verrichtung des lebenden Organismus ein Licht aufgehen aus dem Naturreich, welches früher das todte hiess.

Einen grossen Fortschritt verdankt man in diesem Sinne der sich mehr und mehr ausdehnenden Kenntniss des Wesens der Stoffe, aus welchen die organische Natur besteht. Diese Stoffe sind aus der todten Natur geschöpft, sind also todte Stoffe. Die Aeusserungen dieser Stoffe, die Erscheinungen, welche sie hervorbringen, sind verschieden je nach den Umständen, unter welchen sie verkehren. Ein Stoff, welcher todt heisst, äussert also nur keine Lebenserscheinungen; ein Stoff, welcher lebendig heisst, äussert die Erscheinungen nicht, welche zum sogenannten todten Naturreich gehören. Aber das, was sie nicht äussern, geht ihnen desshalb nicht ab; was sie äussern, zeigen sie nur, weil die Umstände diese Aeusserungen möglich machen oder bestimmen.

So sehr also in der Art der Erscheinungen Leben und Tod immer verschieden bleiben werden, so gewiss fällt die ungenaue Vorstellung hinweg, dass der Stoff der lebenden und der todten Natur nicht ganz und gar denselben Naturgesetzen unterworfen sein sollte, und damit ist die zwischen Leben und Tod gezogene Grenzlinie in so fern verschwunden, als diese beiden nur von verschiedenen Zuständen abhängen, in welchen dieselben Stoffe, die mit denselben Kräften ausgerüstet und die nicht dem Wesen, sondern nur der Form nach verschieden sind, verkehren.

Es ist indess weit davon entfernt, dass man schon jezt alle Erscheinungen des Lebens aus den allgemeinen Eigenschaften der Stoffe und Kräfte, welche von denselben bekannt sind, sollte ableiten können; im Gegentheil, diese Kenntniss ist noch höchst mangelhaft.

In den folgenden Blättern hat der Leser einen Versuch der allgemeinen Lehre vom Leben zu erwarten, welche durch die Kenntnisse, welche wir jetzt von den todten Stoffen haben, beleuchtet werden soll. Es ist der Inhalt einiger an der Utrechter Universität gehaltenen Vorlesungen, und macht auf Vollständigkeit keine Ansprüche. Bei den Zuhörern jener Vorlesungen wird eine hinlängliche Kenntniss der allgemeinen chemischen Eigenschaften der Stoffe, ihrer Natur und ihres gegenseitigen Verhaltens, so wie ihrer Zusammensetzung vorausgesetzt; und ebenso eine hinlängliche Bekanntschaft mit den Verrichtungen, dem Bau und der Zusammensetzung von Pflanzen und Thieren. Der Unterricht in den letzteren Gegenständen wird von meinen

Amtgenossen besser, als ich es vermöchte, ertheilt; der Unterricht in der ersteren ist ein Gegenstand, der von mir in anderen Stunden behandelt wird.

Dieselbe Voraussetzung wird auch bei dem Leser vorausgeschickt. Er erwarte hier weder Chemie, noch die Naturlehre der Pflanzen, der Thiere oder des Menschen. Der Hauptzweck dieses Versuchs wird sein, die Zustände zu verfolgen, in welchen die sogenannten todten Stoffe verkehren, wenn sie Bestandtheile des organischen Reichs sind, die Metamorphosen, welche sie dabei erfahren, und die Gesetze, denen sie folgen, besonders, wenn man sie mit denen der anorganischen Natur vergleicht. Dabei wird nothwendiger Weise die Rede sein müssen von der Entstehung und der Entwickelung, dem Wachsthum und dem Sterben organischer Körper, und alle die Functionen müssen angeführt werden, bei denen Stoffwechsel stattfindet, bei denen dies wenigstens unwidersprechlich feststeht; die Verrichtungen, von denen dies noch nicht ausgemacht ist, gehören für jetzt noch nicht in das Gebiet der physiologischen Chemie.

Zum Schlusse muss ich bemerken, dass ich, wo ich konnte, die Ideen und Thatsachen, welche von Anderen bekannt gemacht sind, zu ihrer Quelle zurückgeführt habe, aber dass ich nicht ängstlich nach dieser gesucht habe. Ich mache auf Priorität keine Ansprüche; ein Jeder möge sich also zueignen, was ihm gehört.

Man schenke diesem Versuch eine grössere Nachsicht, als einer solchen Arbeit, bei der eine strenge Untersuchuug die

Wahrheit vollkommen kann hervorleuchten lassen; er macht auf nichts Anderes Anspruch, als auf den Namen eines **Versuchs**; eine zusammenhängende Wissenschaft in diesem Zweig der Naturforschung erwarte man nach einigen Jahrhunderten. —

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

I. Chemische und organische Kräfte.

Keine Sache ist in der Lehre vom Leben stärker vertheidigt worden, als das Bestehen einer eigenthümlichen Kraft, welche die organischen Stoffe beherrscht, dieselben auf eine eigene Weise ordnet und in den Stand setzt zur Erhaltung des Ganzen mitzuwirken, und endlich eine Reihe von Erscheinungen hervorzurufen, die sämmtlich unter dem Namen *Lebenserscheinungen* begriffen werden. Diese Lebenskraft wird als eine durchaus eigenthümliche gedacht, von der keine Spur in der unorganischen Natur angetroffen wird; man hat vielfach eine Art von Gegensatz gemacht zwischen der ersteren und letzteren, und so von lebenden und todten Naturkräften gesprochen; man fürchtet sich irgend einen Zusammenhang zwischen beiden zu sehen; insbesondere glaubte man, dass man die Lehre vom Leben beeinträchtigte, wenn man aus den sogenannten todten Kräften viele Erscheinungen des Lebens zu erklären suchte.

Der Hauptzweck eines richtigen Studiums der Natur soll nicht allein darin bestehen, dass man die Erscheinungen und die Gesetze, nach welchen die sogenannte todte und lebendige Natur eingerichtet ist, kennen zu lernen sucht, sondern auch darin, dass man diese ordnet und unter einander in Zusammenhang bringt. Je nachdem beide mehr erkannt werden, und besonders je nachdem die verschiedenen Theile der grossen Naturwissenschaft einander mehr die Hand reichen, ist es nicht

anders möglich, als dass die Vorstellung von den Kräften, welche in beiden herrschen, mehr und mehr der Wahrheit entsprechen wird.

Wer den Zusammenhang ausschliesst, findet ihn gewiss nicht; wer unbefangen nach demselben sucht, findet so viel als da ist.

In den Naturwissenschaften muss man jeden Augenblick die Worte *Materie* und *Kraft* gebrauchen. Wir suchen diese beiden Gegenstände in unserer Vorstellung zu trennen, obgleich wir uns keine Materie ohne Kraft, noch eine Kraft denken können, welche nicht auf Materie zurückwirkt. Wenn wir in das Wahre der Materie eingehen, stossen wir auf viele Schwierigkeiten. Die unendliche oder endliche Theilbarkeit derselben ist das erste Hinderniss; die materielle Verschiedenheit das zweite; die grosse Anzahl der Elemente das dritte. Das Wort Atom, welches in der Naturphilosophie nicht fehlen kann, drückt einen unklaren Begriff aus.

In den Naturwissenschaften und in denen welche sich auf naturwissenschaftliche Principien stützen, halten wir uns vorzugsweise an die Mittel der Unterscheidung, beschränken wir uns auf die Kenntnisse, welche wir durch die Beobachtung und Vergleichung der sichtbaren Gegenstände erworben haben, wodurch wir uns fern halten von jenem Labyrinthe, in welchem so viele weise Männer aus früherer und späterer Zeit sich herumbewegt haben, indem sie abstracten, der unsichtbaren Welt entlehnten Begriffen mit Vorliebe nachgingen. Wir erkennen die materielle Verschiedenheit, weil wir dieselbe beobachten; wir erkennen eine grosse Anzahl von Elementen, weil wir sie sehen; wir lassen den Begriff des Atoms liegen und setzen an dessen Stelle den fasslichen und deutlichen Begriff des Aequivalents.

Man versteht in allen Naturwissenschaften unter dem Namen einer *Kraft* nichts Anderes als eine gedachte Ursache beobachteter Erscheinungen. Diese Kräfte denken wir uns also nur, wir beobachten sie nicht, und wir denken sie uns so, wie

wir genöthigt sind sie uns zu denken, d. h. gerade so, wie die Erscheinungen uns zwingen uns jene Kräfte vorzustellen. Kein guter Naturforscher schlägt jetzt noch einen anderen Weg ein: er nimmt keine Kräfte an, denen er selbst Eigenschaften giebt; er construirt sich einen Begriff von der Kraft nach den durch die Beobachtung gegebenen Thatsachen. Der Begriff der Kraft ist also ein Concretum, von welchem alle Einzelnheiten der Erscheinungen umfasst und im Geiste zu einem Ganzen verbunden werden.

Von solchen einfachen Principien geht man glücklicher Weise jetzt aus. Wir nehmen der Zahl nach grade so viele und grade solche Naturkräfte an, wie uns die Erscheinungen lehren, dass wir annehmen müssen, während wir dem früher so oft gehegten Irrthum durchaus abhold sind, der den Kräften Eigenthümlichkeiten zuschrieb, von welchen die Beobachtung nicht gezeigt hatte, dass sie dieselben wirklich besitzen.

Indem wir von diesem Gesichtspunkt ausgehen, wollen wir einige Gedanken mittheilen über die sogenannten organischen und nicht organischen Naturkräfte, welche man auch wohl lebende und todte Kräfte genannt hat. Diese Gedanken werden die Wissenschaft um kein Haar breit weiter bringen, aber sie können vielleicht die Vorstellung des Einen oder des Anderen vereinfachen, und ihm dort einen unläugbaren Zusammenhang zeigen, wo dieser meiner Ansicht nach mit Unrecht verkannt wird.

Es ist kaum der Mühe werth zu bemerken, dass die Benennung einer *todten* Kraft in dem Sinne, in welchem dieses Wort für die in der unorganischen Natur wirkenden Ursachen gebraucht wird, Unsinn ist. Dieses Wort soll indess die Kraft der todten im Gegensatze zu der der lebenden Natur bezeichnen, in welcher eine besondere Reihe von Erscheinungen auftritt; und in dieser Bedeutung nehmen wir dns Wort.

Die heutige Chemie, welche sich mit der Lehre von den Molecularkräften vorzugsweise beschäftigt, sucht in den kleinen Theilchen der Körper eigenthümlich wirkende Ursachen.

Es wird nicht unpassend sein, wenn wir damit anfangen, diese zu verfolgen; die Kenntniss dieser ist die Grundlage aller Kenntniss der organischen Kräfte; denn kein Organismus ist aus etwas Materiellem zusammengesetzt, das nicht den Gesetzen jener chemischen Kräfte, welche unverändert den chemischen Körpern eigenthümlich sind, unterworfen wäre.

Wenn wir danach streben eben diesen Molecularkräften als wirkenden Ursachen im lebenden Organismus eine erste Stelle zuzuschreiben, so wollen wir darunter nicht etwa das verstanden wissen, dass wir das Bewusstsein oder das höhere Seelenleben mit diesen in irgend einen Zusammenhang bringen.

Ich werde es nicht wagen den Schleier zu heben, der die Nerventhätigkeit, und noch vielmehr die höheren Functionen des Geistes für uns für jetzt verdeckt hält. Sowie der Mensch einen nicht materiellen und unsterblichen Theil hat, einen Theil, in welchem sein eigentliches Wesen zu suchen ist, aus welchem er dann allein bestehen wird, wenn der Stoffklumpen, der ihn an die Erde fesselt, vernichtet sein wird; sowie die Thiere mit dem Menschen gemeinschaftlich eine gewisse Empfänglichkeit für Eindrücke haben, und dazu eigenthümliche Organe besitzen, deren Function sich mit dem Bewusstsein in keinen Zusammenhang bringen lässt; so sind Thieren und Pflanzen eine Menge Verrichtungen unter einander gemein, die von den beiden so eben genannten geschieden sind, wenigstens mit denselben keinen ursächlichen Zusammenhang haben.

Nur von diesen rede ich, und nur diese will ich unter der allgemeinen Bedeutung des organischen Lebens verstanden wissen. Nur über diese sollen hier einige Gedanken mitgetheilt werden.

Dass eben diese Verrichtungen im thierischen Körper von der Nerventhätigkeit unterstützt werden, und dadurch bei den Thieren mehr zusammengesetzt sind als bei den Pflanzen, ist hinlänglich bekannt. Dies lehrt uns, dass ein Zusammenhang zwischen zwei scheinbar verschieden wirkenden Ursachen

besteht. Wie gross aber dieser Zusammenhang und wie er beschaffen sein mag, ist und bleibt ein Räthsel grade so wie die Function der Nerven selbst. Es ist indess nicht die Nerventhätigkeit, welche die Natur des organischen Lebens, den Unterschied zwischen der lebenden und der sogenannten todten Natur bestimmt. Nur über dasjenige, welches Pflanzen und Thieren gemeinschaftlich ist, und also unter dem allgemeinen Begriff der Lebensfunction zusammengefasst wird, wird in folgendem gehandelt, nachdem wir vorher die Eigenthümlichkeiten entwickelt haben werden, welche den Elementen angehören, aus welchen alles, was in der Natur vorkommt, zusammengesetzt ist.

Wenn uns in Betreff des Folgenden der Einwurf gemacht werden sollte, dass es leichter sei, niederzureissen, als aufzubauen, so sind wir die ersten, die das zugeben. Die Wissenschaft ist noch nicht so weit, dass sie aus einem freieren Gesichtspunkt vieles überblicken liesse; allein damit wird *es nicht vertheidigt*, dass ungenaue Vorstellungen gehandhabt werden sollen. Man betrachte jedoch das Folgende nur als einzelne Gedanken, die einer sehr weiten Entwickelung fähig sind, und dieser bedürfen, wenn sie auf wissenschaftliche Vollständigkeit Anspruch machen sollen.

1) Chemische Kräfte.

An allen einfachen Körpern ohne Unterschied nimmt man eine Neigung wahr, sich mit einander zu verbinden, und für diese Neigung denkt man sich eine Kraft, ein Vermögen in denselben, die man *Verwandschaftskraft, Affinitas* nennt. Wir sehen, wie diese Verbindung zu Stande kommt; es muss also eine Ursache dieses Vermögens, sich unter einander verbinden zu können, in den Körpern vorhanden sein. Es giebt kein einziges Element, das sich nicht mit gewissen andern Körpern verbinden könne; es giebt also auch kein einziges

Element, das nicht dieses Vermögen, diese Kraft in einem höheren oder geringeren Grade besässe. Diese Verbindung ist also eine Eigenschaft der Materie, die Folge einer Kraft, der alles Materielle unterworfen ist, gleichgültig, was für einen Namen diese Materie tragen, zu was für einem Naturreich sie gehören mag.

Wir sehen indess an den einfachen Körpern viel mehr als das, was auf einfache Verbindung derselben mit anderen Elementen hinausläuft. Bestimmte Kräfte für alles anzunehmen, was wir von den Elementen ausgehen sehen, würde die Wissenschaft nicht vereinfachen; allein es ist doch unmöglich, sich eine gute Vorstellung von einem Elemente zu bilden, wenn wir uns dasselbe nur undurchdringlich und schwer, und ausgedehnt und materiell von allen anderen verschieden denken, es uns dabei untheilbar vorstellen und uns dabei eine Neigung in demselben denken, sich mit anderen Elementen zu verbinden. Wie können wir uns, wenn wir uns auf diese Begriffe beschränken, wenn wir unseren Blick nicht weiter gehen lassen, eine Vorstellung bilden von dem Isomorphismus, von den Isomerien, von dem ganz verschiedenen Charakter jedes einfachen Körpers allen andern gegenüber, von ihrer dynamischen Verschiedenheit? Gewöhnlich beschränken wir unsere Gedanken zu viel auf den materiellen Unterschied. Kupfer und Quecksilber denken wir uns roth und weiss, fest und flüssig, nicht flüchtig und flüchtig, und wir bleiben zu sehr bei diesen und ähnlichen physikalischen Verschiedenheiten stehen; wir fragen uns zu wenig, warum denn nur das eine ganz andere Mengen von denselben Stoffen auf einmal, und zwar unter ganz anderen Erscheinungen als das andere aufzunehmen im Stande ist? Wir ordnen die Elemente in Gruppen, in so weit sie einige Uebereinstimmung mit einander haben, aber wir achten vorerst nicht auf die Ursache dieser Uebereinstimmung mit einigen und des Unterschieds von anderen. Warum sind zwei Metalle, Natrium und Platin, so sehr untereinander verschieden? Das eine ist nicht im Stande, sich direkt mit Sauerstoff zu verbinden, wäh-

rend das andere sich mit demselben unter sehr interessanten Erscheinnngen verbindet. Das Natrium zeigt sich kräftig und thätig unter allen Verhälnissen; das Platin vielfach passiv, träge, unfähig irgend eine Erscheinung hervorzubringen. Gewöhnlich sagen wir: das Natrium hat eine grössere Verwandtschaftskraft, hat diese in einem hohen Grade. Aber der Begriff der Verwandtschaftskraft beruht nur darauf, dass eine Verbindung zu Stande gebracht wird; das ist ein Endresultat des Vermögens, welches dem Natrium einwohnt. Wenn es mit Heftigkeit das Wasser zersetzt, so ist dies unzweifelhaft dem Vermögen zuzuschreiben, welches das Natrium besitzt, um sich inniglich mit Sauerstoff zu verbinden; beruht aber diese Verbindung auf nichts Anderem, als auf einem Anziehungsvermögen von Natrium und Sauerstoff? Bei der allgemeinen oder physikalischen Anziehung sehen wir keine dieser Erscheinungen, und zum Begriffe der Anziehung muss also für die Affinität noch etwas hinzugefügt werden. Vielleicht dies, dass die Anziehung bei der Verwandtschaft in bestimmten und constanten Verhältnissen geschieht? Gewiss gehört dies mit zu der richtigen Vorstellung von Affinität; nur liegt auch hierin nicht alles; hierin ist noch nichts gesagt von den Verschiedenheiten in Farbe, Geruch und Geschmack, in dem festen, tropfbar oder elastisch flüssigen, flüchtigen oder nicht flüchtigen Zustande, im Kochpunkte, der Dichtigkeit, in der specifischen Wärme, im Atomgewicht der Körper; hierin ist noch nichts von Isomorphismus, von Isomerien, von der Entwickelung der Wärme, des Lichts, der Electricität bei der chemischen Verbindung erklärt; hierin ist noch nichts erklärt von der sonderbaren Fähigkeit der Elemente, mit einem andern 1, 2, 3 bis zu 7 Verbindungen, alle in bestimmten Verhältnissen einzugehen, Verbindungen, die bei einer geringen Verschiedenheit der Umstände, aus denselben beiden Elementen zu Stande kommen.

Wenn wir uns denken, dass die Molecularkräfte in den Elementen nur auf die Verbindung mit ungleichartigen Molecülen ausgehen, so ist diese Vorstellung dürre und beschränkt, und

wir übersehen eine grosse Reihe von Eigenthümlichkeiten, die sich aus diesem Begriff nicht ableiten lassen.

Es stimmt durchaus mit einer gesunden Naturlehre überein, die Erscheinungen zu beobachten, sie zu ordnen, Gesetze zu erforschen, und sich Kräfte in den Stoffen zu denken, welche übereinstimmen mit der Natur der Erscheinungen, welche von diesen abhängig sind. In der heutigen Chemie ist man also genöthigt, da man mit bestimmter Gewissheit weiss, dass die Natur des Stoffs eines Elements nichts gemein hat mit der Quantität eines anderen Elements, welches mit demselben verbunden wird, und dass ebenso die Form des zusammengesetzten Körpers nicht von der Natur jenes Elements abhängt, — ist man, sage ich, genöthigt, sich eine mehr lebendige Vorstellung zu machen von den Kräften, welche die Materie, welche die Molecüle beherrschen, als man sich bis vor einigen Jahren machte. Schwefel, Selen, Chrom und Mangan, sehr verschiedene Körper, nehmen ein jeder O^3 auf, und bilden mit Basen Salze von derselben Gestalt. Die schwefelsauren, selensauren, chromsauren und mangansauren Salze sind isomorph. Und eben so verhält es sich mit einer Menge anderer einfachen Körper.

Wir machen also einen richtigen Schluss, wenn wir annehmen, dass gleichartige Kräfte in Schwefel, Selen, Chrom und Mangan vorhanden sind, und werden dadurch gleichsam von selbst zu der Vorstellung gebracht, dass es von dem stofflichen Wesen dieser Elemente unabhängig ist, dass sie chemisch sind, so wie sie sich zeigen, aber abhängig von den Kräften, welche die Molecüle von Schwefel, Selen u. s. w. beherrschen. Auf diese Weise tritt in die Vorstellung vom Schwefel etwas von dem Begriff der Kraft, und zwar der Kraft, welche auch im Selen thätig ist, und zwar thätig sowohl um Verbindungen zu Stande zu bringen, als um das ganze Wesen der Körper bilden zu helfen. Bis in entfernte Composita lässt sich diese Kraft des Schwefels, des Selens in ihren Wirkungen noch wahrnehmen; so sind z. B. das schwefelsaure Natron und das selensaure Natron beides efflorescirende Salze, und haben beide die auffallende Eigen-

schaft, leichter in Wasser von 33°, als in Wasser von 100° löslich zu sein; eine Eigenschaft, welche höchst selten ist, und die hier nicht von der Materie des Schwefels oder des Selens abhängt, sondern von den Molecularkräften, die beide, Schwefel und Selen, beherrschen. Phosphor und Arsenik sind isomorph. Beide bilden mit dem Sauerstoff Säuren, welche R^2 O^5 zur Formel haben. Mit Natron bilden diese Säuren zwei Salze, in welchen 1 At. Säure, 2 At. Basis und 1 At. basisches Wasser vorkommen, während das eine Salz, gleichgültig, ob es ein phosphorsaures oder ein arseniksaures Salz sei, 24 At. Kristallisationswasser, das andere 14 At. enthält.

Wenn wir mit einem solchen Auge die Reihe der einfachen Körper durchlaufen, wenn wir einen Augenblick, in so weit es möglich ist, von der Materialität derselben im Geiste abstrahiren, so werden wir die Molecularkräfte in einer unendlichen Modification auftreten sehen, wenn wir nur recht Acht geben auf die Erscheinungen, welche jede einzelne hervorbringt; es sind Kräfte, deren Wirkung vielfach darauf hinausläuft, dass eine Verbindung zu Stande gebracht wird, deren Wesen aber darin allein nicht besteht.

Von allen bestehenden Molecularkräften der Elemente kennt man jetzt keine Wirkung besser, als die Vereinigung zweier oder mehrer derselben zu einem Ganzen, oder besser umgekehrt: die Erscheinungen, welche bei der Verbindung der Körper beobachtet werden, und die Folgen dieser Verbindung haben einen bestimmten Begriff gebildet von der Ursache, welche im Stande ist, dieselben zu veranlassen. Die Verbindung findet statt unter Erscheinungen, die man verfolgen, deren Resultate man messen und abwiegen kann. Wir wollen uns jetzt bloss auf diese Resultate beschränken und spätere Zeiten abwarten, in denen sich ein klarer Begriff von dem, was die Molecüle weiter beherrscht, wird bilden lassen. Die Wissenschaft von dem, was hierher gehört, — welche ohne Zweifel eine unübersehbare ist, — ist jetzt noch kaum dem Namen nach bekannt.

Die Erscheinung, welche wir Verwandtschaft nennen, muss

einem, den Elementen einwohnenden Vermögen zugeschrieben werden, einander chemisch anzuziehen. Bevor diese Verbindung zu Stande kommt, ja sogar bevor diese Körper sich berühren, müssen sie also entweder eine Kraft besitzen, welche sie befähigt, dieselbe *zur gelegenen Zeit* in Wirkung treten zu lassen, oder sie erhalten diese Kraft, *wenn* sie mit dem Körper *in Berührung kommen*, mit welchem die Verbindung eingegangen wird. Da haben wir eine schwere Streitfrage vor uns. Indessen scheint uns die Sache doch einer Entscheidung fähig. Sie fällt, in soweit der Begriff die *Erregung* einer Kraft betrifft, mit der Electricitätslehre zusammen: wir haben eine Wirkungsursache, welche in den Molecülen mit zugegen ist, ohne deshalb mit der Affinitätskraft identisch zu sein [1]).

Wenn wir ein Stück Holz mit einer Feder berühren, werden wir nichts von einer darauffolgenden Verbindung gewahr; wohl aber, wenn wir Antimon mit Chlor berühren. Im Holze liegt also kein Vermögen, um eine verbindende Kraft in der Feder zu erregen, in der Feder nicht, um dies im Holze zu thun: im Chlor dagegen wohl, um im Antimon eine verbindende Kraft hervorzurufen, und im Antimon um dies im Chlor zu thun. Es ist nun ziemlich gleichgültig, ob wir uns vorstellen, dass die Kräfte im Antimon und Chlor schlummern und bei der Berührung erregt werden, oder ob wir uns denken, dass diese Kräfte schon erweckt da waren, aber erst *dann* Verbindungserscheinungen zeigten, *als* die Berührung statt fand. Diese beiden Vorstellungen dürfen als gleichbedeutend für die Wissenschaft betrachtet werden; denn die Kraft, welche vom Chlor ausgeht, um die im Antimon schlummernden Kräfte zu erwecken, und die, welche vom Antimon ausgeht, um die im Chlor schlummernden Kräfte zu erwecken, müssen doch beide oder eine von beiden vor der

[1]) Es versteht sich von selbst, dass wir uns hier im Vorbeigehen nicht darauf einlassen können, zu zeigen, worin die Verwandtschaft und die electrische Kraft miteinander übereinstimmen oder wodurch sie von einander verschieden sind.

Berührung praeexistiren; wo nicht, so müssen zwei schlafende Kräfte einander erwecken, was zu einem Unsinn führt. Was eine Wirkung erregt, nennen wir eine Kraft. Chlor erregt das Antimon, Antimon das Chlor, in beiden oder in einem von beiden praeexistirt also vor der Berührung ein Vermögen der *Erregung* oder der *Verbindung*, — es ist ziemlich gleichgültig, wie man sich dieses denke — aber doch immer ein Vermögen, eine Kraft, welche von einem Körper ausgeht und auf den anderen einwirkt. Ich wiederhole es: vor der Berührung muss diese bestehen; wir wollen diese Kraft *chemische Spannung, Tension* nennen; sie äussert sich *bei* der Berührung, kann aber ebensowenig, wie die Electricität, oder welche Kraft es auch sei, *durch* die Berührung hervorgebracht werden. Die Erzeugung oder Erregung einer Kraft *durch* die Berührung, lässt sich nicht denken. Die Berührung ist eine *Bedingung*, welche bei den Körpern erfüllt sein muss, um irgend eine Erscheinung zu erzeugen, so wie es eine *Bedingung* ist, um laufen zu können, dass die Füsse den Boden berühren. Eine *Bedingung* zur Erzeugung einer Erscheinung nun aber ist himmelweit verschieden von einer Quelle der Wirkung, von der Ursache jener Erscheinung selbst. Die Contacttheorie scheint mir in dem Sinne, in welchem dieselbe so häufig vertheidigt worden ist, nicht einmal denkbar, viel weniger noch in der Wirklichkeit zu bestehen.

Die Phaenomene führen uns zu der Annahme eines in den Körpern vorhandenen Vermögens, welches unter gewissen Umständen erweckt werden und die Verbindung zu Stande bringen kann; eines Vermögens, das nothwendiger Weise *besteht*, bevor es *erweckt* wird, und das häufig nichts anderes als die *Berührung* der Körper erfordert, um die Erscheinung der *Verbindung* zu erzeugen. Deshalb muss nach unserer Ansicht, in *allen* Elementen ein Vermögen gedacht werden, um entweder eine Kraft zu erregen, oder eine Kraft auszuüben, welche zur Verbindung führt. Dieses Vermögen werden wir mit dem Namen der chemischen Spannung belegen.

Sehr verschieden sind die einfachen Körper in diesem ih-

rem Vermögen. Zuerst ist es der Quantität, sodann der Qualität nach verschieden. Von demselben Elemente nehmen mit wenigen Ausnahmen alle andere Elemente sehr verschiedene Quantitäten auf; nur die, welche dasselbe Atomgewicht haben, nehmen gleichviel auf. Die Art und Weise, auf welche sie sich mit anderen Elementen verbinden, ist auch sehr mannigfach, die Erscheinungen, die sie dabei geben, sind sehr verschieden, und besonders ist die Möglichkeit, sich in einem oder mehren Verhältnissen mit einem anderen Element zu verbinden, sehr verschieden. Woher rührt diese Verschiedenheit anders, als von dem Unterschied in der Quantität und in der Qualität jener chemischen Spannung? Da nun (mit alleiniger Ausnahme der isomorphen Körper und derer, welche dasselbe Atomgewicht haben) sowohl diese Quantität als diese Qualität bei allen Elementen verschieden ist, so sind sie schon dadurch verschieden, zeigen sie sich als eigenthümlich, und würde, wenn auch derselbe Grundstoff allen zum Grunde läge, doch jedes Element als eigenthümlich auftreten müssen, weil jedes von eigenthümlichen Kräften beherrscht wird; mit anderen Worten: eine ungleichmässige Vertheilung der chemischen Spannung in einem Elemente würde an und für sich im Stande sein zu veranlassen, dass dasselbe Element als verschiedene eigenthümliche Körper sich zeigte.

Wie dies sich verhalte, ob allen Elementen ein einzelner Grundstoff zum Grunde liegt, welcher nicht materiell, sondern dynamisch von allen anderen verschieden ist, oder ob es so viele Elemente wie Gruppen isomorpher Körper giebt, oder endlich so viele, wie die Chemie jetzt unterscheidet, ist eine Frage, die jetzt nicht beantwortet werden kann. Wir halten uns an das, was wir beobachten und jetzt mit Gewissheit wissen, und schliessen daraus, dass jeder Grundstoff mit einer Menge von Eigenthümlichkeiten ausgerüstet ist, welche zum grossen Theil von eben jenem zur Verbindung führenden Vermögen abhängen, und sonach von der Quantität und der Qualität der chemischen Spannung.

Bei einer solchen Annahme gewinnen wir, glaube ich, dies, dass wir einiges Leben, Kraft und Thätigkeit in der todten Materie auftreten sehen; und diese Vorstellung ist aus jener unübersehbaren Reihe von Erscheinungen geschöpft, welche in den chemischen Laboratorien, im gewöhnlichen Leben, in der Natur beobachtet werden. Bewunderungswürdig ist die Reihe von Erscheinungen, von Folgen jener verschiedenen chemischen Spannung der Körper, welche die jetzige Wissenschaft schon unterschieden hat. Die Lehrbücher sind angefüllt mit Beschreibungen der Stoffe, welche jenem Unterschiede ihr Dasein verdanken, und der Chemiker sieht kein Ende in dieser Reihe neuer Produkte, welche fort und fort als so viele Resultate jener Grundkräfte aus den Stoffen zum Vorschein kommen. Bei einer solchen Vorstellung bleiben wir nicht ausschliesslich stehen beim Materiellen jedes einzelnen Elements, welches dem Geiste doch keine reine, gewiss keine praktische Vorstellung geben kann; denn das Materielle besteht aus den physikalischen *Qualitäten* der Körper, keineswegs aus denen, durch welche sich die Grundstoffe befähigt zeigen, Erscheinungen zu erzeugen.

Fragt man, ob die Einführung dieses Begriffs der Thätigkeit, neben dem der stofflichen Verschiedenheit, schon gleich schöne Folgen für die Wissenschaft verspricht, so ist die Antwort: nein. Aber es ist eine Richtung, in welcher man versäumt hat, die Wissenschaft zu betrachten; sie ist noch nicht hinreichend mit unerschütterlichen Thatsachen versehen, um in dieser Richtung betrieben zu werden; aber ein in diesem Sinne auf dieselbe geworfener Blick, möge als ein Versuch zu etwas Besserem betrachtet werden.

Unter den Elementen giebt es vier, welche einen ganz eigenthümlichen Charakter haben. Alle andere sind mehr oder weniger in ihrem Vermögen, sich unter einander zu verbinden, beschränkt; diese vier, C, H, N, O scheinen in demselben unbeschränkt zu sein. Diese Quantität und die Qualität der Verwandtschaftskraft, welche in diesen vieren gefunden wird, lässt sich

auf tausendfältige Weise modificiren. Deshalb verdienen sie in der Chemie eine eigene Stelle. Blei und Sauerstoff verbinden sich nur in zwei Verhältnissen, PbO und PbO^2, und diese bilden noch eine dritte Zwischenverbindung (die Mennige): aber die Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs sind unzählig, und nicht nur der relativen, sondern auch der absoluten Quantität nach verschieden. So hat man CH^2 und CH^4, aber auch C^2H^4, C^4H^8 u. s. w. Die Verbindung C^5H^8 ist auch unerschöpflich, theils als C^5H^8, theils als $C^{10}H^{16}$, $C^{15}H^{24}$, $C^{20}H^{32}$ u. s. w. Man kennt eine Verbindung C^2H^2, eine andere C^4H^6, eine C^4H^{10} u. s. w. u. s. w. Und ebenso verhält es sich mit C und N, N und H, und CNH, und CNO, CHO und CHNO. Mit einem Worte: während die vier genannten Grundstoffe sehr viele Eigenschaften mit den anderen Elementen theilen, so bilden sie doch eine eigene ganz selbständige Gruppe, und sie besitzen Affinitätskräfte, welche sich unendlich mehr modificiren lassen, als dies bei allen anderen der Fall ist.

A) Bestimmter Werth der die Verbindung zu Stande bringenden Kräfte. Scheinbares Schlummern der Kräfte während der Verbindung.

Die einfachen Körper sind in der Fähigkeit sich unter einander zu verbinden, verschieden, und also auch verschieden im Besitzthum der zur Verbindung führenden Kraft, oder der Empfänglichkeit für die Erweckung dieser unter bestimmten Umständen. Diejenigen, welche diese Neigung bei jeder Temperatur zu besitzen scheinen, sind das Kalium, das Natrium, um sich mit Sauerstoff, das Chlor, um sich mit vielen Metallen zu verbinden u. s. w. Diese Neigung ist den erwähnten Körpern eigenthümlich, und nach dem, was wir an denselben beobachten, sagen wir also mit Recht: im Kalium ist unabhängig von den Umständen, eine Neigung vorhanden, sich mit Sauerstoff, und im Sauerstoff, sich mit Kalium zu verbinden. Sie charakterisirt sich deutlich dadurch, dass sie auf kleine unmessbare Entfernungen zwischen heterogenen Theilchen wirkt und aus

diesen eine Verbindung in bestimmtem Verhältnisse entstehen lässt.

Wenn die chemisch verschiedenen Körper dieser Neigung folgen, so entsteht daraus eine Verbindung zweier heterogener Stoffe, eine innige Verbindung, von der jedes Theilchen aus zwei verbundenen besteht. Eine Masse Kalium hat diese Eigenschaft nicht als Masse, sondern nur die kleinen Theilchen derselben; je kleiner selbst diese Theilchen waren, desto leichter kam diese Vereinigung zu Stande.

In den allerkleinsten Theilchen, in denen, welche wir nicht mehr zertheilen können, herrscht also die eigenthümliche Kraft, bei Kalium, um Sauerstoff, bei Sauerstoff, um Kalium anzuziehen. Diese beiden Theilchen schliessen sich nun aneinander und treten mit neuen Eigenschaften hervor, welche meistens von der Natur der verbundenen Körper abhängig sind, d. h. also von den Kräften, welche sie beherrschen.

Nach der Verbindung ist das Vermögen des Kaliums, sich weiter mit Sauerstoff zu verbinden, wenigstens unter denselben Umständen verloren gegangen. Die beiden Molecüle haben ihre Neigung zur Verbindung ganz und gar befriedigt, und die beiden entgegengesetzten Kräfte haben einander also entweder ganz oder zum Theil zum Schlummern gebracht. Wenn sie einander ganz zum Schlummern gebracht haben, so kann der neue Körper sich nicht mehr mit einem anderen verbinden. Wiegt aber die Kraft des Kaliums (K) die Kraft des Sauerstoffs (O) nicht ganz auf, so ist mehr oder weniger vom K in der Verbindung übrig geblieben, und umgekehrt vom O. Selten halten nun die beiden Kräfte einander vollkommen das Gleichgewicht, sondern es bleibt in dem einen oder anderen Sinne ein Rest, der sich nach aussen zeigt, indem er der Verbindung einen mit dem dem vorherrschenden Elemente eigenthümlichen übereinstimmenden Charakter zurücklässt.

Dass diese Kräfte unter bestimmten Umständen eine bestimmte Grösse haben, lehrt die Regelmässigkeit in der Quantität der Elemente, welche mit einander verbunden werden, eine

Regelmässigkeit, deren Ursache nicht nur dem einen der verbundenen Körper einwohnen kann, sondern in beiden angetroffen werden muss, wenn eine Verbindung zu Stande kommen soll, deren Hauptkennzeichen eine vollkommene Regelmässigkeit der Quantitäten ist. Bei dieser Verbindung vernichten scheinbar gleich grosse Quanta einander die Wirkung nach aussen. Wenn wir z. B. voraussetzen, dass der Sauerstoff eine Verwandtschaftskraft von 3 (O) und das Kalium von 6 (K) besitzt, so müssen nach der Verbindung unter gewissen Umständen von 3 (O) und 6 (K), 1 (K) und 1 (O) einander zum Schlummern bringen, während 3 (K) übrig bleiben.

Dies lehrt die Beobachtung. Das Kali ist nicht indifferent, sondern es hat seinerseits eine Neigung, sich mit andern Körpern zu verbinden, eine Neigung, welche zwar nicht so stark wie die des Kaliums, aber doch im selben Sinne wirksam ist, und also eine Quantität chemischer Spannung, welche bei der Verbindung des Metalls mit dem Sauerstoff nicht mit in den Zustand des Schlummerns übergegangen ist. Nennen wir nun den Rest dieser Kraft im Kali 3 (K).

Mit Hülfe bestimmter Verhältnisse verbinden sich Schwefel und Sauerstoff miteinander, ebenso wie Kalium und Sauerstoff dies bei der gewöhnlichen Temperatur thun. Zu dieser Verbindung ist also nöthig, dass S eine gewisse Menge von Kraft habe, um sich mit Sauerstoff zu Schwefelsäure zu verbinden, und der Sauerstoff, um sich mit Schwefel zu verbinden. Bei dieser Verbindung geht wieder, entweder die ganze Quantität der entgegengesetzten Kräfte scheinbar verloren, oder ein Theil von einer von beiden, und es bleibt dann entweder etwas von der Kraft des Sauerstoffs oder von der des Schwefels zurück. Setzen wir voraus, dass hier O und S von Kräften ergriffen werden, welche sich zu einander verhalten wie 3 (O) : 1 (K), so bleibt nach der Verbindung von O und S zu SO^3, 2 (O) zurück.

Also hat das Kali ein Vermögen von 3 (K) und die Schwefelsäure eins von 2 (O) übrig behalten. Nach dieser Vorstellung sind weder Kali noch Schwefelsäure indifferente Körper, son-

dern beide haben noch Verwandtschaftskräfte, und zwar solche, die einander entgegengesetzt sind, so dass sie von neuem zur Bildung der schon zusammengesetzten Körper, d. h. der Schwefelsäure und des Kali führen können. Wenn nun diese zusammen verbunden werden, verschwindet wiederum (K) gegen (O); denken wir nun, dass von 3 (K) und 2 (O), 2 (K) und 2 (O) einander das Gleichgewicht halten, so bleibt 1 (K) zurück, wenn schwefelsaures Kali gebildet ist.

In diesem schwefelsauren Kali liegen nun zwei einander entgegengesetzte Kräfte dreifach verborgen: zwei in den Elementen des Kali, zwei in den Elementen der Schwefelsäure, zwei in den Elementen des schwefelsauren Kali; es sind dies Kräfte, welche einander das Gleichgewicht halten, von denen die kleinste (O) unwirksam geworden ist, von denen aber die grösste (K) das auf andere Körper kann einwirken lassen, was nach der Vernichtung der kleinsten Quantität zurückgeblieben ist.

In unserem Beispiel ist nach der Verbindung von SO^3 mit KO noch 1 (K) zurückgeblieben, oder *ein* Quantum von der Kraft, welche ursprünglich im Kalium gefunden wird. Schwefelsaures Kali ist also nicht indifferent, sondern es kann sich von neuem mit anderen Körpern verbinden, und zwar bestimmt mit solchen, welche (O) 1, 2 oder mehr Male besitzen. Nehmen wir nun an, dass die schwefelsaure Thonerde ein solcher Körper sei, so sehen wir nach denselben Principien durch die Verbindung von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali die Bildung des Alauns zu Stande gebracht; so sehen wir, wie dieselbe den Elementen ursprünglich einwohnende Kraft im Stande ist, alle chemische Verbindungen des ersten, zweiten, dritten Rangs zu erzeugen.

Wie gross die in den Elementen ursprünglich verborgenen Kräfte sind, ist noch nicht bestimmt, wird aber einmal bestimmt werden, Man lege also den genannten Quantitäten, welche nur zur Versinnlichung unserer Ansicht gebraucht wurden, keinen bestimmten Werth bei. Nur das ist gewiss, dass überall dort

zwei einander entgegengesetzte Kräfte zugegen sein müssen, wo Anziehung und Verbindung erfolgen.

Nicht alle Körper verbinden sich unter einander. Diejenigen, welche es nicht thun, haben entweder keiner von beiden die genannten einander entgegengesetzten Kräfte, oder in einem von beiden fehlen diese unter den Umständen, unter welchen die Körper verkehren. Ueberall hingegen, wo (K) und (O) in einem bestimmten, jedoch verschiedenen Verhältnisse vorkommen, da entsteht eine Verbindung; giebt es z. B. einen Stoff der 20 (K) hat, und kommt dieser mit einem anderen in Berührung, der 1 (O) besitzt, so entsteht eine Verbindung, und der neue Körper wird die Fähigkeit haben, eine Kraft von 19 (K) zu äussern.

Es giebt keinen Grund, mehr chemische Kräfte anzunehmen, als die, welche wir (K) und (O) genannt haben, Alle Elemente scheinen dieselben zu besitzen, nur alle in verschiedenem Grade. Die Stöchiometrie hat gezeigt, dass sie in Quantitäten verschieden sind, welche sich zu einander verhalten, wie die natürlichen Zahlen, wenn verschiedene Umstände sie in verschiedenem Grade erwecken. N^2 verbindet sich mit O, O^2, O^3, O^4, O^5, und ebenso verhält es sich mit den anderen Elementen. Es giebt also eine feste Basis, um auf das Bestehen solcher Werthe der chemischen Kräfte zu schliessen, welche sich zu einander verhalten wie die ganzen Zahlen.

Es ist weiter ein Resultat der Erfahrung, dass nicht alle Elemente unter den gewöhnlichen Umständen diese Kräfte zeigen, sondern dass die Umstände modificirt werden müssen, um diese Kräfte entweder zu erregen, oder in dem Körper bis zu einem bestimmten Quantum festzuhalten. Beim Kalium sehen wir, wie es bei der gewöhnlichen Temperatur den Sauerstoff anzieht, und schliessen daraus, dass das Kalium immer diese Kraft besitzt. Der Beweis dafür kann aber nicht geliefert werden; denn die gewöhnliche Temperatur kann beim Kalium der Grund sein für die Erregung oder für das Festhalten dieser Kraft, so dass z. B. bei einer Kälte von — 100° das Kalium keinen

Sauerstoff aufnähme; die gewöhnliche Temperatur kann für das Kalium sein, was die Glühhitze für das Eisen ist.

Zu den Umständen, welche diese Kräfte erregen, oder bis zu einem bestimmten Quantum in den Elementen festhalten können, gehören die erhöhte Temperatur, der Einfluss des Lichts und die Wirkung der Electricität, ausserdem die Gegenwart eines andern chemischen Körpers. Wir geben von allen diesen ein einzelnes Beispiel, um an Ort und Stelle diese Sache weitläufiger zu behandeln.

Die Wärme erregt zwei Kräfte, (K) wie (O), in vielen Körpern; (K) z. B. in den Metallen, welche sich bei einer höheren Temperatur oxydiren; (O) beim Chlor, welches sich mit Wasserstoff zu Chlorwasserstoffsäure mittelst einer Flamme verbindet.

Das Licht veranlasst plötzlich die Verbindung von H^2 und Cl^2, und erregt also in H und Cl (K) und (O).

Ein electrischer Funke verbindet plötzlich H^2 und O, und erregt also in diesen (K) und (O).

Andere Körper erregen (K) und (O); so erzeugt z. B. Platin-Schwamm plötzlich die Verbindung von H^2 und O, oder ein Platin-Plättchen thut dies allmälig.

Bei der Verbindung zweier Körper gehen die diesen eigenthümlichen Kräfte nicht verloren, sondern sie gerathen in einen schlummernden Zustand, insoweit ihnen nämlich durch eine gleich grosse Quantität der anderen Kraft das Gleichgewicht gehalten wird. Der Alaun kann zersetzt werden in schwefelsaure Thonerde und schwefelsaures Kali, die beide ihren eigenthümlichen Charakter von (K) und (O) haben, und zwar in gleich hohem Grade, wie vor der Verbindung. Schwefelsaures Kali kann in SO^3 und KO zersetzt werden, welche beide ihren eigenthümlichen Charakter und gleichviel (K) und (O) haben wie vor der Verbindung. Endlich können ebenso KO und SO^3 in K, O, S und O^3 zerfallen, welche alle mit gleichviel (K) und (O) versehen sind, wie früher.

Einen Beweis hierfür liefert jede chemische Trennung,

welche durch die Einwirkung anderer Körper auf diejenigen, welche wir trennen wollen, entsteht. Die Kräfte (K) und (O) schlummern also nur und werden nicht vernichtet, während die Körper unter einander verbunden werden.

Es ist nicht möglich, sich dies vorzustellen, wenn man nicht annimmt, dass die Molecüle der verbundenen Körper ganz an einander geschlossen seien. In diesem Fall müssen zwei einander entgegengesetzte Kräfte einander vernichten. Unter der Voraussetzung, dass die Molecüle zwar sehr nahe bei einander, aber nicht an einander gelagert sind, ist es eine leichte Vorstellung, dass die von den Molecülen ausgehenden Kräfte dadurch, dass sie zu einander in einer bestimmten Spannung verkehren, nach aussen den zu dieser Spannung verbrauchten Theil scheinbar verlieren, dass aber die ganze Quantität der beiden Kräfte wieder zum Vorschein tritt, wenn die Verbindung zerfällt.

Durch eben die Ursache also, durch welche die Körper chemisch mit einander verbunden *werden, bleiben* sie verbunden und werden sie auch wieder *getrennt*, wenn stärkere Kräfte auf die Bestandtheile einwirken, d. h. stärkere als die dieselben verbindenden. Sie *werden* verbunden, weil zwei einander entgegengesetzte, in den Elementen vorhandene oder durch die Umstände zu einem bestimmten Werthe erhobene Kräfte auf einander einwirken, denen dann die Stoffe folgen, an welche diese Kräfte gebunden sind. Sie *bleiben* verbunden, weil die Kräfte nicht vernichtet werden, sondern nur theilweise ein gewisses Gleichgewicht darstellen, wobei der im Gleichgewichte befindliche Theil verhindert wird, nach aussen sich wirksam zu zeigen. Sie können *getrennt* werden, wenn stärkere Kräfte auf einen von beiden einwirken, wenn nur die trennenden Kräfte von homogener Natur sind. So trennt z. B. Kupfer das Silber aus dessen salpetersaurer Lösung, befreit also das Silber von Sauerstoff und verbindet sich selbst mit diesem. Möge Kupfer z. B. 4 (K) besitzen, Silber 1 (K) und der Sauerstoff des Silberoxyds 3 (O), so muss, da 3 (K) 3 (O)

neutralisiren kann, Silber, welches 1 (K) besitzt, ausgeschieden werden.

Diese Trennung chemischer Körper aus ihren Verbindungen durch solche, welche eine stärkere Kraft auf einen der verbundenen ausüben, ist also ein unmittelbarer Beweis dafür, dass diese chemischen Kräfte nur schlummern, was zu dem Beweise führt, dass eben die Kräfte, welche die Körper *verbinden*, dieselben auch in der Verbindung *erhalten*.

B) Die chemische Wirkung eine Wirkung in unmessbaren Entfernungen. Polarität der Molecüle.

Ein eigenthümlicher Charakter der chemischen Verbindung ist der, dass sie in unmessbaren, nicht in messbaren Entfernungen wirkt. Es ist also eine unerlässliche Bedingung zur Entstehung einer Verbindung, dass die Massentheilchen einander sehr nahe gebracht werden können. Daher rührt es denn auch, dass die Körper in Massen mit einander in Berührung gebracht, gewöhnlich keine oder eine unvollkommene Wirkung aufeinander ausüben, während sie, fein vertheilt, oft schon bei der gewöhnlichen Temperatur auf einander einwirken. Dies sieht man z. B. bei Schwefel und Kupfer, die in Massen gar nicht auf einander einwirken, in fein vertheiltem Zustande dagegen durch Reiben zu *einem* Körper verbunden werden, wobei dann zugleich eine grosse Hitze entwickelt wird. Man würde indess irren, wenn man glaubte, dass der fein vertheilte Zustand hier allein die Ursache der Verbindung wäre. Das Reiben ist hier ein kräftiges Hülfsmittel. Dass indess der fein vertheilte Zustand ein erstes Erforderniss zur Verbindung ist, sieht man an Auflösungen. Wenn wasserfreies schwefelsaures Natron und Chlorbarium mit einander gerieben werden, so wird keine Aenderung in den beiden Stoffen vor sich gehen; werden sie dagegen im aufgelösten Zustande zusammengebracht, das heisst als sehr fein vertheilte Theilchen, so findet eine völlige Zersetzung statt.

Abgesehen davon, dass die Temperatur die Verbindung der

Körper durch eigenthümliche Ursachen fördern hilft, unterstützt sie überall die Verbindung mittelst der Lösungen, wo sie einen der beiden zur Wirkung gelangenden Körper oder beide schmelzen kann. Unwidersprechlich fördert die erhöhte Temperatur die Oxydation der Metalle in Sauerstoff dadurch, dass sie eigene Kräfte im Metall und in dem Sauerstoff erweckt, oder zu einem gewissen Quantum steigert; aber das geschmolzene Blei, das sich verflüchtigende Zink hat durch die erhöhte Temperatur feine, sich leicht bewegende Theilchen erhalten, welche jetzt dem Sauerstoff gerade die Seite bieten können, welche zur Verbindung nöthig ist. Zu dem Einfluss der Temperatur muss man also auch diese leichte Beweglichkeit der Theilchen hinzufügen: dasselbe, was wir in Salzlösungen durchaus ohne Einfluss eines erhöhten Wärmegrades beobachten, sieht man in fein vertheiltem Blei, welches mit Luft und Wasser geschüttelt, schnell in Bleioxydhydrat verwandelt wird, während ein Stück Blei unter diesen Umständen nur langsam angegriffen wird.

Zwei Gase, welche untereinander mit einem dritten indifferenten Gase gemengt sind, verbreiten sich langsam, ziehen einander aber doch zuletzt gänzlich an: so z. B. Ammoniak, Kohlensäure und die atmosphärische Luft. Bei den Gasen unterstützt also die Beweglichkeit der Theilchen die Verbindung.

Bemerkenswerth ist die Fähigkeit einiger Metalle, im fein vertheilten Zustande Sauerstoff zu absorbiren und sich zu oxydiren. Wird z. B. weinsaures Blei erhitzt, so bleibt fein vertheiltes Blei zurück, welches sich, sobald es mit Sauerstoff in Berührung kommt, oxydirt. Ebenso verhält es sich mit Eisen, welches durch Wasserstoff aus dem Oxyd reducirt ist. (Magnus). Alle diese Erscheinungen lehren uns aufs Deutlichste, dass den Molecülen vieler Körper, unabhängig von den Umständen, eine Fähigkeit der chemischen Anziehung einwohnt, welche sich äussert, sobald die Theilchen klein, fein und dadurch im Stande sind, eine Verbindung mit einander einzugehen, ohne dass dazu irgend ein anderer Umstand mitwirkt, als die mittlere Temperatur der Atmosphäre, in welcher sie sich befinden.

Da es nun zur Entstehung einer chemischen Verbindung nöthig ist, dass die Theilchen untereinander beweglich seien, um die Verbindung zu Stande zu bringen, so folgt daraus, dass nicht alle Seiten der Molecüle eine gleich grosse Fähigkeit besitzen, um sich mit einem Molecüle, welches eine entgegengesetzte Kraft besitzt, zu verbinden. Die Theilchen müssen sich bewegen können, und es scheint also, dass bestimmte Seiten eines jeden Molecüles mit denen eines entgegengesetzten verbunden werden müssen. Bei Verbindungen, welche man unter dem Mikroskop verfolgt, sieht man bei vielen eine gewaltige Bewegung der Theilchen um sich selbst, bevor sie sich verbinden [1]. Dies weist unmittelbar auf eine gewisse Polarität hin, auf eine Wirkung einer in einer bestimmten Richtung thätigen Verwandtschaftskraft, welche auf eine entgegengesetzte, sich ebenfalls in einer bestimmten Richtung ausdehnende Kraft einwirkt.

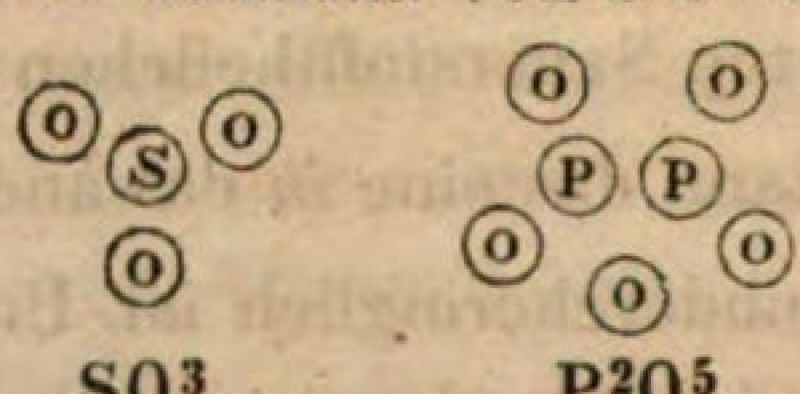
Wenn wir auch ein wenig tiefer in das Wesen der Verbindung eines Elementenpaares eindringen, so werden wir sehen, dass dies nicht anders möglich ist. Kalium und Sauerstoff verbinden sich durch eine Kraft, welche nach der Verbindung nicht vernichtet wird, sondern theilweise nach aussen wirksam bleibt; der andere Theil schlummert, vermöge des Gleichgewichts, in welchem zwei entgegengesetzte Kräfte einander erhalten. Nun muss aber ein Kaliumtheilchen, wenn es anders untheilbar ist, *neben* einem untheilbaren Sauerstofftheilchen gelagert sein, also ⓀⓄ. Unmöglich kann das eine *in* das andere eingedrungen sein, weil die Materie undurchdringlich ist. Unmöglich kann das eine *um* das andere gelagert sein, sei es als ein Ring, oder als eine Kugel, in welche das andere eingeschlossen ist; denn da würde die hohle Kugel nicht mehr ein untheilbares Theilchen sein. Unmöglich kann das eine sich um das andere in Theile vertheilt haben, weil es ein Molecüle ist. Es bleibt also nur die *Juxtaposition* übrig. Nehmen wir nun an, dass jedes Kalium-

[1]) Siehe *Harting* im Bulletin de Neêrlande, 1840, p. 287.

und Sauerstofftheilchen mit den Kräften (K) und (O) durchaus und überall gleichmässig versehen sei, so wird, weil die Kräfte einander entgegengesetzt sind, das Resultat dieser Kräfte eine Annäherung der Molecüle sein, und es wird an der Stelle der Annäherung die stärkste Anziehung ausgeübt werden, mit anderen Worten: man wird sich vorstellen können, dass die anziehenden Kräfte in den Achsen zweier Kugeln thätig seien.

Ein auf diese Weise zusammengesetztes Molecüle kann nur durch die allgemeine Anziehungskraft mit homogenen Molecülen verbunden werden. Die Kalimasse hängt nicht chemisch, sondern physikalisch zusammen, d. h. durch die allgemeine Anziehungskraft, Cohäsion, u. s. w. Die Masse kann ja in kleine Theilchen zertheilt werden, ohne dass das chemische Gleichgewicht gestört werde.

Da die Polarität der Molecüle in der That besteht, so müssen die zusammengesetzten Molecüle auch Polarität besitzen. Es ist einfach, sich dies zu denken, wenn die zusammengesetzten Körper aus einem Atom eines jeden Elements eine binäre Verbindung geben, wie das Kali; wenn aber zwei, drei oder mehr Molecüle *eines* Elements mit einem oder zwei Molecülen des andern Elements verbunden sind, dann ist es schwer, mit der Vorstellung der Natur der Verbindung zu folgen; wie soll man sich z. B. die Polarität von $S\,O^3$ und $P^2\,O^5$ vorstellen?



SO^3 P^2O^5

Es ist wahrscheinlich, dass die Molecüle des Sauerstoffs, welche hier die grösste Zahl bilden, *um* die anderen von S und P gelagert sind, und dass ein Theil derselben die Kraft (K) von S und P^2 neutralisirt; aber wie nun (K) in S und P^2 vertheilt sei, kann man sich mit keiner Wahrscheinlichkeit vorstellen, ebensowenig wie den Rest von (O), der sich nach aussen zeigen kann.

Auf jeden Fall darf man es für wahrscheinlich halten, dass die einfachen und zusammengesetzten Molecüle in bestimmten Richtungen unter einander verbunden werden, und dass durch die Form, welche die zusammengesetzten Molecüle erhalten, ihr Charakter bestimmt wird. So sehen wir einen bestimmten Zusammenhang zwischen der Ordnung der Molecüle und dem Isomorphismus, zwischen der Anzahl der Atome und der Kristallform. Wenn die Atome der Schwefelsäure und Selensäure auf dieselbe Weise unter einander geordnet sind, so lässt sich von dem Auftreten derselben Kristallform eine Vorstellung machen, wenn diese Säuren sich mit derselben Basis zu Salzen verbinden, wenn auch immer aus der Ordnung der Molecüle eben diese Kristallform sich nicht vorher bestimmen lässt.

Noch viel grösser wird die Schwierigkeit, auf welche wir so eben, bei der Verbindung mehrerer Molecüle zu einem Ganzen stiessen, wenn wir uns die Polarität der so sehr zusammengesetzten organischen Molecüle vorstellen wollen. Wie die Atome des Zuckers unter einander verbunden sind, ist nicht zu ermitteln, ebensowenig wie dies bei einem anderen zusammengesetzten organischen Körper geht; nur das ist gewiss, dass auch hier die Polarität nicht kann verloren gegangen sein, weil $C^{12} H^{22} O^{11}$ 2 At. aq. enthalten, welche durch 2 Pb O vertreten werden können, so dass ein constantes Verhältniss zwischen 2 O von 2 H^2O und 2 Pb O und 9 O von $C^{12} H^{18} O^9$ stattfindet. Es erhellt also, dass der Sauerstoff des Zuckers, nachdem er mit Kohlenstoff und Wasserstoff verbunden einige Male die Kräfte (K) derselben neutralisirt hat, noch Kräfte (O) zurückbehalten hat, um diese dem Wasser oder dem Bleioxyd entgegenzusetzen, welches selbst nun wieder (K) besitzt, wodurch es sich mit Zucker verbinden kann. Die Elemente des Zuckers lassen den 9 At. Sauerstoff, nach Abzug der Menge, welche zur Neutralisation von C und H zum Schlummern gebracht ist, noch eine Fähigkeit zurück, um einen anderen Körper aufzunehmen, und zwar eine Menge, welche der gleich ist, die durch 2 S O^3 von Bleioxyd aufgenommen wird. Nämlich:

$C^{12} H^{18} O^{9}$ erfordern 2 Pb O
2 $S O^{3}$ erfordern 2 Pb O

Wenn wir nun eine Polarität in den Elementen der Schwefelsäure und des Bleioxyds annehmen und uns vorstellen, dass von den sämmtlichen Kräften, welche im Sauerstoff und Blei, und im Sauerstoff und Schwefel herrschen, Resultirende auftreten, welche auf einander wie ein Ganzes einwirken, so ist keine andere Vorstellung möglich, als dass aus den Elementen des Zuckers eine ähnliche Resultirende hervorgehe, welche schnurstracks der aus den Atomen des Bleioxyds entwickelten entgegengesetzt ist. Wie aber diese aus denselben hervorgehen könne, lässt sich mit keiner Wahrscheinlichkeit bestimmen.

Es giebt indess eine Klasse organischer Körper, bei denen diese Gruppirung nicht zweifelhaft ist, derjenigen nämlich, deren Radikale wir kennen: Acetyl, Formyl, Aethyl, Methyl, u. s. w.; bei den Körpern, deren Radikale noch unbekannt sind, wie bei dem Zucker, ist jetzt jede Vorstellung fruchtlos.

Wenn nun die einfachen Körper nur *ein* Atom eines anderen aufnehmen können, so sind sie wahrscheinlich unipolar; wenn zwei bipolar u. s. w. Ebenso verhält es sich mit den zusammengesetzten Körpern. Es ist desshalb wahrscheinlich, dass die Molecüle von bi —, tri —, quadri —, quinti — basischen Säuren eben so vielfach polar sind, und bei einer tri — basischen Säure z. B.

0
●
0 0

die drei Atome Wasser *um* die Säure gelagert sind, oder 2 aq. und 1 R O, oder 1 Aq und 2 R O, oder 3 R O.

C) Einfluss der Umstände auf die chemischen Kräfte.

Als Maasstab der chemischen Kräfte, welche den Körpern einwohnen, können mehr oder weniger die Quantitäten betrachtet werden, welche von verschiedenen Stoffen mit einem und demselben Körper verbunden werden können, während durch

eine einfache Erfahrung erkannt werden kann, ob der eine Körper den andern aus seinen Verbindungen verjagen kann. Durch letzteres erfahren wir, dass keineswegs unter denselben Umständen dieselbe Menge der chemischen Kräfte in den Körpern vertheilt ist. Schwefelwasserstoff wird z. B. durch Iod zersetzt und dabei Schwefel ausgeschieden; Iodwasserstoffsäure durch Brom; Bromwasserstoffsäure durch Chlor. Also folgen diese einfachen Körper einander in der Verwandtschaftskraft so: Chlor, Brom, Iod, Schwefel. Von Silber, Quecksilber, Kupfer, Blei, Zink schägt immer das folgende das vorhergehende aus der Lösung nieder. Es ist also eine grössere Verwandtschaftskraft in einem der folgenden als in einem der vorhergehenden Metalle. Die Alkalien haben für $S\,O^3$ in folgender Ordnung die stärkste Verwandtschaft: Baryt, Strontian, Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Ammoniak.

Es giebt aber so viele besondere Umstände, welche die chemischen, aus den Körpern hervortretenden Kräfte modificiren, dass es *für jetzt noch* unmöglich bleiben wird, dafür feste Regeln anzugeben. Ist z. B. ein Körper flüchtig, so wird er leicht aus seinen Verbindungen gelöst. So entweicht z. B. $C\,O^2$ sehr leicht, aber auch die viel stärkere $H^2\,Cl^2$, weil sie flüchtig ist; und die Phosphorsäure, weil sie feuerbeständig ist, treibt sogar die Schwefelsäure aus. Die sehr schwache Kieselsäure verjagt, weil sie nicht flüchtig ist, viele andre Säuren in der Hitze.

Wenn ein Körper die Neigung hat eine unlösliche Verbindung einzugehen, so wird dadurch die Verwandtschaftskraft auffallend unterstützt. Ein schönes Beispiel davon sehen wir in dem kohlensauren und essigsauren Kali. Wenn kohlensaures Kali in Essigsäure gelöst wird, so wird durch die Essigsäure die Kohlensäure verjagt, aber in Alkohol gelöstes essigsaures Kali wird durch einen Strom von Kohlensäure zersetzt, weil kohlensaures Kali in Alkohol unlöslich ist. Durch doppelte Wahlverwandschaft werden immer die Basen und Säuren in der Weise geordnet und verbunden, dass die am wenigsten leicht löslichen Salze gebildet werden.

Eine interessante Eigenthümlichkeit in der Modification der Verwandtschaft durch die Umstände ist diese, dass manche Verbindungen viel leichter eingegangen werden, wenn erst ein anderer Körper verdrängt werden muss, als wenn die unter einander zu verbindenden Körper unter einander frei in Berührung kommen. Ganz trockner Kalk absorbirt keine Kohlensäure, aber Kalkhydrat sehr leicht; das Aethyloxyd verbindet sich nicht unmittelbar mit Säuren, wohl aber, wenn die Säure aus Alkohol erst H^2 O verdrängen muss. Wenn ein Metall durch Chlorwasserstoff gelöst wird, so wird H^2 durch M vertreten, denn aus $M + Cl^2 H^2$, entsteht $M, Cl^2 + H^2$. Während hier Cl^2 und M leicht verbunden werden, weil H^2 durch M vertreten wird, wird manchmal M sehr schwer unmittelbar mit Cl^2 verbunden. Wahrscheinlich ist die bei der Zersetzung der Salze durch doppelte Wahlverwandtschaft stattfindende doppelte Vertretung, der Zersetzung der Salze durch doppelte Wahlverwandtschaft sehr günstig (*Graham*. I, p. 357). Nach *Graham* ist auch die Fähigkeit des Hydrats der Kieselerde und der Thonerde Verbindungen einzugehen, während sich diese Körper geglüht so schwer mit anderen verbinden, der Vertretung zuzuschreiben.

Die Zersetzung zweier Salze findet nicht nur dann statt, wenn eins von beiden oder beide unlöslich werden, sondern auch dann, wenn eins der beiden neu gebildeten oder beide weniger leicht löslich sind, als die ursprünglich angewandten, so z. B. schwefelsaures Natron und salpetersaures Kali. Wenn schwefelsaures Kupfer mit Chlornatrium gemischt wird, so wird die früher blaue Farbe grün, zum Beweise dass Kupferchlorid gebildet worden ist. Dies beruht indess vielleicht auf einer reinen Verwandtschaft, weil Chlorwasserstoff das schwefelsaure Kupfer und die Schwefelsäure Chlornatrium zersetzen kann.

Zu den Umständen, welche auf chemische Kräfte einwirken, gehört auch der Druck. Bei starkem Druck wird kein Wasserstoff aus verdünnter Schwefelsäure und Zink entwickelt. Wenn man das Gefäss schliesst, so nimmt die Gasentwic-

kelung ab und hört endlich ganz auf, fängt aber wieder an, wenn das Gefäss geöffnet wird.

Wenn man kohlensauren Kalk in einem verschlossenen Gefässe erhitzt, so wird keine Kohlensäure ausgetrieben; wohl aber in der Luft, wenigstens in den höheren erwärmten Schichten. Leitet man aber durch eine Röhre, in welcher kohlensaurer Kalk ist, atmosphärische Luft oder Wasserdampf, so vertreibt man alle Kohlensäure. Wasserstoff über glühendes Eisenoxyd geleitet giebt Wasser und Eisen, und Wasser über Eisen geleitet giebt Wasserstoff und Eisenoxyd. Hier ist es die den festen Körper umgebende Atmosphäre, welche die Verwandtschaft modificirt, und die Erscheinung gehört also zur Diffusion der Gase.

Wir sehen also, dass dem Einflusse der Umstände ein ansehnlicher Theil von dem was wir an den Körpern hinsichtlich der Art und Weise, in der sie der Neigung sich zu verbinden oder zu zersetzen folgen, zugeschrieben werden muss. Die in den Körpern verborgenen chemischen Kräfte müssen entweder erweckt oder zu einem bestimmten Grade gesteigert werden, wenn eine Verbindung statt finden soll. Nur auf diese Weise können wir uns vorstellen, wie ein Molecüle sich mit 1, 2, 3, 4, u. s. w. Molecülen eines anderen Körpers zu festen chemischen Körpern verbinden kann. Es giebt also Abstufungen in den Quantitäten der chemischen Kräfte, und erst dann wenn zwei entgegengesetzte Kräfte zu einem gewissen Grade gesteigert werden, unter dem Einflusse gewisser Umstände verbinden sich die Körper zu Quantitäten, die von der Grösse jener Kräfte abhängen. Das Eisen an der Luft schwach erhitzt giebt z. B. FeO, stärker erhitzt Fe^2O^3. Wie können nun durch dieselbe Ursache, durch die Wärme, dasselbe Eisen und derselbe Sauerstoff sich in zwei verschiedenen Verhältnissen mit einander verbinden?

Wenn wir annehmen, dass bei der gewöhnlichen Temperatur das Eisen wohl eine Neigung hat, um sich mit Sauerstoff, und der Sauerstoff wohl um sich mit Eisen zu verbinden, dass

aber durchaus kein Verhältniss zwischen den Quantitäten dieser Kräfte (K) und (O) besteht; so oxydirt sich das Eisen nicht. Das geschieht in trockner Luft. Erhitzt man das Eisen, so erweckt man in demselben die Kraft (K) und in dem Sauerstoff die Kraft (O), wo dieser das Eisen berührt. Nur in dem Falle dass die beiden Kräfte so zunehmen, dass sie ein für diese Umstände gleich grosses Maximum bekommen, findet eine Verbindung der entgegengesetzten Kräfte und damit eine Verbindung von Fe und O statt. Eine rothbraune Glühhitze nun steigert diese Kräfte bis zu einem gewissen Maximum. Erhitzen wir das Fe O und O noch höher, so nehmen diese Kräfte wieder zu, und erst dann, wenn die von Fe und O ein neues Maximum erreicht haben, wird Fe^2O^3 gebildet.

Ganz verschieden ist die Vorstellung bei der Entstehung einiger anderer zusammengesetzter Körper. Wenn z. B. Schwefel zu SO^2 und SO^3 oxydirt werden soll, so muss der Schwefel jedesmal in eigenthümliche Verhältnisse gebracht werden. Bei der Verbrennung von Schwefel an der Luft wird durch die erhöhte Temperatur S mit (K) und der Sauerstoff mit (O) versehen; mit anderen Worten, die Kräfte, welche im Schwefel und im Sauerstoff schlummern, müssen erweckt werden, so dass sich S mit O^2 verbindet. Ganz verschieden ist die Oxydation zu SO^3. Hier kommt SO^2 mit einem mächtigen Stoff in Berührung, mit einem solchen, von dem man weiss, dass er Thätigkeit in anderen Körpern erregen und dabei sogar 1 Aeq. Sauerstoff abtreten kann, nämlich mit N^2O^3. Dieser disponirt SO^2 dazu noch O aufzunehmen; N^2O^3 erweckt in SO^2 neue Kräfte, und indem von N^2O^3 1 At. O sich sehr leicht trennt und der Sauerstoff in statu nascenti die Fähigkeit beibehält, durch welche er vorher mit N^2O^2 verbunden blieb, so wird hier die Verbindung mit SO^2 ebenso eingeleitet, wie Gold mit Chlor verbunden wird, dadurch dass es mit Königswasser in Berührung kommt. Hier erregt auch N^2O^3 im Golde die Kraft (K) um sich mit Cl^2, oder dem mit der Kraft (O) versehenen Stoffe zu verbinden.

Bei der gewöhnlichen Temperatur kann sich P^2 mit O^3 ver-

binden und phosphorige Säure bilden; aber es ist eine höhere Temperatur, die der Verbrennung, nöthig, um $P^2 O^5$, um Phosphorsäure zu bilden.

Bald ist es dieser, bald jener Umstand, häufig die Gegenwart eines anderen Stoffs oder einer gewissen Temperatur, oder des Lichts, oder der Electricität, welche die einfachen oder zusammengesetzten Körper zu neuen Verbindungen disponirt, und die in denselben schlummernden und entweder ganz, oder theilweise in denselben gebundenen, nach aussen unwirksamen Kräfte erweckt. Dass die Erregung dieser Kräfte so geschieht, dass bestimmte und constante Verbindungen entstehen, lehrt die Erfahrung. Das Maass der entgegengesetzten Kräfte, welche erregt werden, muss also auch constant bleiben, wenigstens muss, wenn auch die Kräfte bei zunehmender Einwirkung der Umstände steigen, von beiden entgegengesetzten ein Maximum entstanden sein, wenn eine Verbindung stattfinden soll, welches Maximum dann durch andere Umstände wieder kann übertroffen werden, um eine andere Verbindung zwischen den Grundstoffen zu erzeugen.

D) Katalyse, Molecüle in der Bewegung.

Berzelius hat unter dem Namen Katalyse [1]) auf eine Fähigkeit einiger Stoffe aufmerksam gemacht, durch ihre Gegenwart eine chemische Wirkung zu erregen, während sie selbst in dieser Wirkung nicht mit begriffen sind. Sie unterscheidet sich also von der gewöhnlichen chemischen Kraft, welche von einem Stoff auf den andern übergeht, und in der Regel auf beide zurückwirkt. Wenn SO^3 auf Na O einwirkt, so geht von beiden eine Wirkung aus, und diese wirkt auf beide zurück. Wenn bei einer höheren Temperatur O mit Pb in Berührung kommt, so werden sie mit einander verbunden. Wenn die Thätigkeit auch

[1]) Jahrbuch für 1836, von *Schumacher*, S. 88.

von O auf Pb überginge, so wird doch O mit in den Wirkungskreis hineingezogen.

Ganz anders verhält es sich mit den katalysirenden Stoffen. Platinschwamm verdichtet H, und wenn O dazu kommt, so wird Wasser gebildet, ohne dass sich der Platinschwamm im geringsten verändert. Hundert Pfund H^2 und O können durch ein kleines Stückchen Platinschwamm verbunden werden. Es geht also eine Kraft vom Platin aus, welche auf H^2 und O zurückwirkt, und eine Wirkung hervorbringt, an welcher das Platin keinen Antheil nimmt. Diese Kraft nennt Berzelius *Katalyse.* Was dies für eine Kraft sei, ist nicht klar, es ist aber erwiesen, dass den chemischen Körpern sehr viel ähnliche Kräfte einwohnen.

Unter den Körpern, welche, indem sie eine chemische Wirkung in andern erregen, auch selbst in der Wirkung mitbegriffen sind, werden unzweifelhaft die meisten von dieser Katalyse ergriffen; vielleicht kommt bei den chemischen Erscheinungen immer eine Katalyse vor, so dass z. B. wenn SO^3 und NaO mit einander verbunden werden, eine Kraft von SO^3 und eine von NaO ausgeht, die jede für sich mit der am Platin, wenn es mit verschiedenen Gasen in Berührung kommt, auftretenden übereinstimmen. Man kann die Katalyse erregende Kraft eine chemische Wirkung nennen, und diese Erregung kann in der That stattfinden, ob der erregende Stoff in jenen Kreis mit hineingezogen ist oder nicht. Zu den rein katalytischen Erscheinungen werden aber nur solche gezählt, bei welchen die Verbindung bewirkenden Stoffe aus jenem Kreise ausgeschlossen sind, die also wohl fähig sind zu erregen, denen aber die Empfänglichkeit abgeht, an der erfolgten Verbindung Theil zu nehmen.

Nicht nur der Platinschwamm besitzt diese Kraft, sondern auch das Platin in Substanz, so dass wenn man in ein Gemenge von H^2 und O ein Platinplättchen bringt, die Gastheile sich über dies Plättchen hinschieben und kleine Wassertheilchen bilden, so dass nach einigen Stunden alles Gas verschwunden und Wasser an dessen Stelle getreten ist.

Das Platin ist wieder nicht das einzige Metall. Alle poröse

Körper besitzen diese Fähigkeit in einem höheren oder geringeren Grade. *Thénard* und *Dulong* haben darüber eine Menge Versuche bekannt gemacht, und gezeigt, dass sogar Glaspulver und andere Körper, diese indess nur bei einer etwas erhöhten Temperatur, diese Eigenschaft besitzen. Glas z. B. bei 300°, Gold und Silber darunter. Früher hatte *Humphry Davy* gefunden, dass in Alkohol- oder Aetherdämpfe gebrachtes Platin zu glimmen anfing, und zwischen dem Sauerstoff der Luft und diesen Dämpfen eine Verbindung einleitete. *Edmund Davy* entdeckte darauf den Platinschwamm, und sah diese Fähigkeit beim Schwamm in hohem Grade, so dass, wenn der Schwamm mit Weingeist befeuchtet wurde, ein Glimmen entstand und aus dem Weingeist Essigsäure wurde. Noch vor dieser Entdeckung von *Thénard* und *Dulong* hatte *Döbereiner* gesehen, dass H^2 und O durch Platinschwamm verbunden werden. *Thénard* und *Dulong* dehnten dies auf viele andere Körper aus.

An eben diese Reihe von Phänomenen hat *Berzelius* die Erscheinung, welche sich beim Wasserstoffhyperoxyd zeigt, wenn es mit verschiedenen Stoffen in Berührung kommt, angeschlossen. Dieser Körper detonirt, wenn er mit Platin, Silber, Manganhyperoxyd, ja sogar wenn er mit organischen Stoffen, wie mit Faserstoff, in Berührung kommt. Es wird O ausgetrieben und H^2 O bleibt zurück [1]). Ueberall, wo sich der feste Stoff mit allem Sauerstoff verbinden kann, findet natürlich eine gewöhnliche chemische Wirkung statt, wo aber diese Verbindung nicht stattfindet und die Wirkung sich bei der blossen Berührung zeigt, nennt *Berzelius* die Wirkung Katalyse.

Weiter muss dahin die Verwandlung des Weingeists in Aether durch Säuren gezählt werden. Das Schwefelsäure-Hydrat, in welches bei erhöhter Temperatur Alkohol tropfenweise gegossen wird, verdünnt sich nicht, sondern es destillirt ein Ge-

[1]) Dass hierbei auch ein Theil des Sauerstoffs vom Faserstoff aufgenommen und Oxyprotein gebildet wird, ist bekannt, (Scheikundige Onderzoekingen, Deel I).

menge von Aethyloxyd und Wasser über. Die Schwefelsäure katalysirt also bei der Temperatur die Elemente des Weingeists zu Aethyloxyd und Wasser, ohne selbst mit einem von beiden verbunden zu werden. Andere, besonders starke Säuren, bewirken das Nämliche. Hierher gehören noch die Aenderungen, welche Stärkmehl durch Schwefelsäure erfährt, und wobei es in Dextrin oder in Zucker verwandelt wird; die Aenderung, welche Stärke, Gummi, Zucker durch Säuren erfahren, wenn Huminsäure, Ulminsäure und Ameisensäure aus denselben entsteht; die Einwirkung des Emulsins auf das Amygdalin. Zu derselben Reihe von Erscheinungen zählt *Berzelius* auch einige andere, welche in der organischen Chemie vorkommen, z. B. die Verwandlung von Stärke in Gummi und Zucker durch Diastase, die Verwandlung von Zucker in Kohlensäure und Alkohol durch Hefe und die animalischen und vegetabilischen Produkte in Thier- und Pflanzenkörpern. Unzweifelhaft kann die Umsetzung durch Diastase hierhergezählt werden. Eine äusserst kleine Quantität dieses Stoffs setzt viel Stärke zu Gummi und Zucker um. Allein es ist auch möglich, dass die Diastase selbst in der Wirkung mitbegriffen ist, und dass also hier keine reine Katalyse stattfindet. Insbesondere ist dies der Fall mit der Hefe, welche Zucker in Kohlensäure und Alkohol verwandelt, und wahrscheinlich noch vielmehr bei den thierischen Secretionen. Dies hat *Liebig* veranlasst, die Katalyse ganz zu läugnen [1]. Er hat nämlich in den Stoffen, von welchen *Berzelius* annimmt, dass sie wohl Wirkung erregen, nicht aber an dieser Wirkung Theil haben, chemische Kräfte in Thätigkeit angenommen und meint, dass durch diese chemische Wirkung auch eine andere in anderen Stoffen erregt werden könne. Hierbei hat Liebig ein von *Laplace* und *Bertholet* angegebenes Princip angewandt, dass ein in Bewegung gesetztes Molecüle seine Bewegung anderen Molecülen mittheilen könne, wenn es mit diesen in Berührung

[1] Organische Chemie, Einleitung.

kommt. Namentlich meint er dies von der Hefe. Nach Berzelius verwandelt die Hefe den Zucker ebenso in Kohlensäure und Alkohol, wie die Schwefelsäure den Alkohol in Aether und Wasser verwandelt, wie Platin aus H^2 und O Wasser bildet. *Liebig* nimmt aber an, dass die Hefe fortwährend in einem Zustande der Zersetzung begriffen ist, dass sie also eine Aenderung in ihren eigenen Elementen erfährt, und dass sie, mit Zuckerwasser in Berührung, durch diese Aenderung ihrer Bestandtheile, durch das gestörte chemische Gleichgewicht, auch die chemischen Kräfte stört, welche die Elemente des Zuckers bilden, und so Weingeist und Kohlensäure erzeugt.

Obgleich es erwiesen zu sein scheint, dass die Hefe in der That bei der weinigen Gährung verändert wird, und man also von der Hefe nicht sagen kann, dass sie katalysire, so gehört diese Reihe chemischer Erscheinungen doch nicht zu den gewöhnlichen und wir müssen also drei Arten von chemischer Wirkung annehmen:

1) Die, welche von einem Stoff ausgeht und auf andere übertragen wird, ohne dass jener an der Wirkung Theil hat (Katalyse).

2) Die, welche von Stoffen ausgeht und auf andere übertragen wird, während die ursprünglichen Stoffe dabei zersetzt werden, ohne dass diese den neuen Produkten einen ihrer Bestandtheile abtreten (Gährung).

3) Die, welche von Stoffen ausgeht, aber gânz und gar auch auf diese Stoffe zurückwirkt, so dass von beiden, dem afficirten und dem afficirenden oder wirkenden, gemeinschaftliche Produkte entstehen (die gewöhnliche chemische Wirkung).

Von der dritten Wirkungsursache haben wir oben zur Genüge gehandelt; es wird also nur nöthig sein, dass wir uns bei der ersten und zweiten aufhalten.

Katalyse. Nach unserem Urtheile kann es nicht geläugnet werden, dass von Platin-Schwamm oder vom Platin in Substanz bei der Verbindung von H^2 und O zu Wasser, eine besondere Wirkung ausgehen muss; ebenso von der Schwefelsäure

oder irgend einer anderen Säure bei der Bildung von Aethyloxyd, bei der Verwandelung von Stärke in Gummi und Zucker durch die Schwefelsäure, bei der Umsetzung des Zuckers in Gummi durch verdünnte Säuren. Diese Wirkung schliesst sich nicht an die gewöhnliche chemische Wirkung an, welche die Körper auf einander ausüben, bei welcher immer der Körper, von welchem die Wirkung ausgeht, mit in den Kreis der Resultate hineingezogen wird, und meistens selbst neue Verbindungen bildet. Inzwischen giebt es viele ähnliche Wirkungen, welche mit Unrecht zu der gewöhnlichen chemischen Wirkung gerechnet werden. Wenn z. B. Gold oder Platin in Königswasser gelöst wird, nimmt N^2O^3 keinen Antheil an der Verbindung, und dennoch ist es unentbehrlich um die Verbindung von Cl^2 mit Gold oder Platin zu erzeugen. Ein viel schlagenderes Beispiel sehen wir in dem oben Mitgetheilten, wo die Gegenwart eines Körpers, der nach der Verbindung entfernt wird, zur Entstehung dieser Verbindung erfordert wird, so wie in Kalk, Wasser und Kohlensäure. Das Wasser wird hier erfordert, um die Verbindung zwischen Kohlensäure und Kalk zu Stande zu bringen und es soll nichts destoweniger nachher entfernt werden; es nimmt keinen Antheil an der Verbindung.

Mit was für einem Namen wir auch die Wirkungsursache belegen, es kann nicht geläugnet werden, dass sehr viele Stoffe andere zu einer Verbindung disponiren, sie zu dieser Verbindung befähigen, so dass ohne diese die Verbindung nicht zu Stande kommt. Was *Berzelius* unter dem Namen der Katalyse unterschieden hat, ist also eine besondere Art der Erregung der chemischen Thätigheit welche Niemand läugnen kann.

Wie können wir uns diese katalysirende Wirkung vorstellen?

In den Elementen liegen einige Molecularkräfte verborgen, von denen wir eine kennen, welche sehr mächtig ist, um die Verbindung heterogener Stoffe zu erzeugen. Meistens gehen diese Kräfte von dem Körper aus, auf welchen sie zurückwirken.

Die Katalyse ist nichts Anderes als eben diese Kraft, sie wirkt aber nicht zurück auf den Stoff, von welchem diese ausgeht.

Wenn wir durch eine Masse H^2 und O als Gase einen kleinen electrischen Funken hindurch schlagen lassen, wird plötzlich das Ganze verbunden. Zwei Molecüle H und ein Molecüle O fangen damit an sich zu verbinden, und von da an wird der ganzen Masse diese Wirkung mitgetheilt. Dies sind im Sinne von *Laplace* und *Berthollet* die Molecüle in Bewegung. In diesem Beispiel sehen wir indess eine Wirkung, welche von zwei Molecülen H und einem Molecüle O ausgeht, und die sich auf Tausende Molecüle H und O fortpflanzt, ohne dass die ersten durch den electrischen Funken afficirten Theilchen an der erfolgenden Wirkung Theil haben.

Bei der Katalyse sehen wir etwas ähnliches: Platin-Schwamm nimmt keinen Antheil an der Verbindung von H^2 und O; allein wir sehen hier beim Platin, wenn wir es mit der Verbindung von H^2 und O durch einen electrischen Funken vergleichen, den Unterschied, dass die Platintheilchen im Zustande in Bewegung versetzter Molecüle verkehren, ohne dass äusserliche Ursachen darauf einen Einfluss zu haben scheinen.

Es wäre von grosser Wichtigkeit zu untersuchen, ob der Platinschwamm, wenn man ihn bei einer grossen Kälte mit H^2 und O zusammenbringt, jenes Vermögen noch besitzt; es ist wahrscheinlich, dass dieses Metall bei jeder Temperatur die erwähnte Eigenschaft nicht behalten wird; es steht ja fest, dass feines Glas erst bei 300° die Fähigkeit hat, H^2 und O zu verbinden, und also bei 300° dieselbe Fähigkeit erhält, welche Platin bei der gewöhnlichen Temperatur hat; dass also ein indifferenter Stoff, das Glas, durch eine Erhöhung des Wärmegrads in dieser Hinsicht dem Platin gleichgemacht werden kann. Weiter ist es bekannt, dass eine bestimmte Temperatur erfordert wird, um Weingeist durch Schwefelsäure in Aethyloxyd und Wasser zu verwandelen; dass aus dem Zucker nicht bei jeder Temperatur durch eine Säure Humin wird; dass die Schwefelsäure nicht absolut die Fähigkeit besitzt, Stärke in

Gummi und Zucker zu verwandeln sondern dazu wieder einen bestimmten Wärmegrad erfordert. Wenn wir also die Reihe der katalytischen Erscheinungen durchgehen, so sehen wir, dass der Einfluss des Wärmegrads fast immer unumgänglich ist. Nun ist es durch eine reichliche Erfahrung bekannt, wie sehr die Wärme im Stande ist, die in den Körpern verborgenen chemischen Kräfte zu modificiren. Die unzählige Menge der Produkte der trocknen Destillation bei verschiedenen Temperaturen lehren uns dies auf's deutlichste. Wenn nun der Einfluss der Wärme auf die Körper, von denen es heisst, dass sie katalysirt werden, von dem sogenannten katalysirenden Körper übertragen wird, wenn z. B. die Wärme aus Weingeist Aethyloxyd und Wasser erzeugt, diese Wärme aber durch eine Säure auf die Elemente des Weingeistes übertragen werden muss, oder am besten von einer Säure aus auf dieselben übergeht, so liegt in der Vorstellung der Katalyse nichts Widersinniges.

Wie dies sich nun auch verhalten mag: es kann nicht geläugnet werden, dass es viele Fälle giebt, in denen eine chemische Wirkung von einem Körper ausgeht, ohne dass dieser im Kreise der Wirkung mit begriffen sei, und wenn dies gleich eine Abweichung von der gewöhnlichen chemischen Wirkung ist, so scheint doch die Vorstellung davon nichts Widersinniges zu haben und keine grössere Schwierigkeiten zu bieten als in dem Fall, wo zwischen allem, was die Wirkung erregte, eine Verbindung zu Stande kam.

Die von einem Molecüle anderen mitgetheilte Bewegung.

Den chemischen Kräften, welche in irgend welchen Stoffen thätig sind, ist es eigenthümlich ähnliche Kräfte in anderen Stoffen zu erwecken. Wir sehen dies besonders in der organischen Natur, und zwar giebt es kein schlagenderes Beispiel dafür als die thierische Ernährung. Eine homogene Flüssigkeit, das Blut strömt durch sehr verschiedene Theile des Körpers.

In den Muskeln erhält es die Muskeln; in der Leber zunächst die Bestandtheile der Leber, es sondert aber auch zugleich hier die Galle ab; in den Nieren die Nierensubstanz und den Harn, u. s. w. Keiner dieser Stoffe kommt im Blut in Masse vor, von einigen wird nicht einmal eine Spur in demselben angetroffen. Die vier organischen Elemente aller werden aber im Protein und dessen Verbindungen, und im Farbstoff des Bluts u. s. w. gefunden. Durch die Katalyse würden unzweifelhaft die Elemente des Proteins, und aus diesen sowohl die Lebersubstanz wie die Bestandtheile der Galle erzeugt werden können, d. h. also bei einfacher Berührung der Lebersubstanz mit den Bestandtheilen des Bluts, ohne dass die der Lebersubstanz u. s. w. einwohnenden Verwandtschaftskräfte auf die des Proteins einwirken oder dessen Bestandtheile chemisch verändern.

Es kommen nur unzweifelhaft auch andere Ursachen in Betracht. In der Leber z. B. findet vom Anfange ihres Bestehens an Stoffwechsel statt, es sind chemische Kräfte in derselben thätig. Fortwährender Stoffwechsel ist ja ein erstes Kennzeichen aller lebenden organischen Körper. Diese Kräfte sind im Stande, das chemische Gleichgewicht anderer Stoffe zu stören und neue Verbindungen zu bilden. Wenn nun die Elemente des Bluts, die Proteinverbindungen, der Farbstoff u. s. w. in einer Leber in Thätigkeit kommen, und dort mit der Galle, welche fortwährend ausgeschieden wird, und mit der Lebersubstanz selbst, die fortwährend verändert wird, in Berührung kommen, so wird dieser einmal entstandene Stoffwechsel sich auf die Elemente des Bluts übertragen und die Absonderung unterhalten. Wenn umgekehrt die Bestandtheile des Bluts in Zersetzung begriffen sind, so wird der Wirkungskreis, in welchem diese verkehren auf die Elemente der Lebermasse übertragen werden, und so werden diese mit in jenen Kreis hineingezogen. Ebenso verhält es sich in allen anderen Organen. Wie nun diese Absonderung ursprünglich anfängt, ob dieselbe vom Blute oder vom absondernden Organ ausgeht,

oder endlich ob beide, das Blut und das Organ das Ihrige dazu beitragen. wissen wir ebensowenig wie wir wissen, wie der erste Keim des Organs, der Leber entsteht, oder wie der Keim des Thieres zum Thier wird. Aber die fortdauernde Wirkung, die fortdauernde Absonderung schliesst sich durchaus an einige andere Erscheinungen an, die getrennt beobachtet werden können und desshalb über diese thierischen Functionen Licht verbreiten; so namentlich an die Gährung. Aus dieser hat *Liebig* viel geschöpft, um seine Ideen klar vorzutragen, und wir wollen uns desshalb auch diese zu Nutzen machen.

Die Hefe verwandelt den Zucker in Kohlensäure und Weingeist, und wird selbst dabei verändert. Die letzte Verwandlung ist die Ursache der ersteren, und überträgt sich einfach auf den Zucker. Setzen wir nun an die Stelle der Hefe das Blut, an die Stelle des Zuckers die Leber, so wird uns die Ausscheidung der Galle mehr oder weniger begreiflich. Das Blut wechselt unaufhörlich seine Bestandtheile. Der unaufhörliche Stoffwechsel der organischen Wesen ist ein Hauptgrund für die Fortdauer ihrer Existenz. Die Leber nimmt stets neue Stoffe auf und verliert andere. Dies nennt man Ernährung. Bei dieser Verwandlung der Blutbestandtheile in Lebersubstanz, werden chemische Kräfte erregt, welche sich auf die Elemente des Bluts übertragen, und also Galle aus demselben bilden können, uud dies um so eher, weil auch das Blut selbst in einem Zustande fortwährender Zersetzung verkehrt, so dass es leicht dem Eindruck folgt, welcher demselben auf irgend eine Weise mitgetheilt wird. Da dieser Eindruck verschieden ist, ist auch das Resultat verschieden. Daher jene grosse Verschiedenheit in der Ausscheidung sehr ungleichartiger, in einem Zustande der Zersetzung begriffener Stoffe aus einer und derselben Flüssigkeit, welche auch zersetzt wird, dem Blute.

Dass indess bei der blossen Ernährung die Katalyse nicht aus dem Spiel gelassen werden kann, lehrt uns die Ernährung des Zellgewebes, das aus den Bestandtheilen des Bluts gebildet

werden muss, und die aller absondernden Organe, welche ausser der Erzeugung des abgesonderten Stoffs, sich selbst erhalten und aus den Bestandtheilen des Bluts die ihnen eigenthümlichen Stoffe ausscheiden können.

Alle feste Bestandtheile des Körpers, welche Proteinverbindungen sind, müssen hierher gerechnet werden. Den Muskeln kommt z. B. das Vermögen zu, Protein aus dem Blut abzusondern und dieses in Faserstoff zu verwandeln; umgekehrt wird dieser Faserstoff bei Mangel an Protein im Blut aus den Muskeln aufgenommen und Blut-Protein aus demselben gebildet, z. B. in langwierigen Krankheiten und bei der Abmagerung. Den Muskeln ist also das Vermögen eigenthümlich bei Ueberfluss an Protein im Blut, durch die blosse Berührung Muskelfaserstoff zu bilden, und dies kann nur einer ähnlichen Ursache zugeschrieben werden, durch welche Kristalle in Salzlösungen anschiessen. Es ist wenigstens eine durchaus eigenthümliche, von der gewöhnlichen chemischen abweichende Wirkung, wenn aus dem *Blutplasma* Fasern gebildet werden, deren Zusammensetzung sich von der des Plasma nicht wesentlich unterscheidet. Ebenso verhält es sich mit der Erzeugung der Haare, Nägel und der Hörner, die nicht abfallen.

Beschränken wir uns jetzt nur darauf, den Einfluss der thätigen chemischen Kräfte auf die Erregung neuer Kräfte in anderen Stoffen im Allgemeinen zu verfolgen.

In der organischen Chemie sehen wir einzelne Beispiele hierfür, auf welche wir besonders achten müssen. Platin wird z. B. nicht in Schwefelsäure aufgelöst, wenn aber Platin erst mit Silber legirt wird, so löst es sich ebenso wie das Silber in derselben auf. Der oxydirende Zustand, in welchem das Silber sich befindet, überträgt sich also auf das Platin, welches für sich in diesen Zustand nicht gelangen konnte (Liebig). Wenn Wasserstoffhyperoxyd mit Silberoxyd oder Bleihyperoxyd in Berührung kommt, verliert nicht nur H^2O^2 O, sondern auch die Metalloxyde verlieren es. Die Störung des chemischen Gleichgewichts in dem einen Körper, überträgt sich also auf

den anderen; die Bewegung, in welche die Molecüle des einen Körpers versetzt sind, wird denen des anderen mitgetheilt.

Es giebt einige chemische Verbindungen, deren Zusammenhang sehr locker ist, deren Elemente gleichsam in einem Zustande der Spannung begriffen sind, die also bei einer kleinen äusseren Störung zerlegt werden, oder neue Produkte erzeugen. Dahin gehören das Chloroxyd, Jodstickstoff, die Fulminate u. s. w. Dass diese, wenn sie mit anderen, in Thätigkeit begriffenen Körpern in Berührung kommen, sehr leicht das chemische Gleichgewicht anderer Verbindungen stören, ist leicht begreiflich. Das Wasserstoffhyperoxyd gehört durchaus dahin. Allein die meisten chemischen Körper stören diese Verbindung, diesen neutralen oder Gleichgewichtszustand der Kräfte in anderen Körpern durchaus nicht, wenn sie sich nicht selbst mit einem oder mehren Elementen derselben verbinden können. So entwickelt SO^3 aus Manganhyperoxyd Sauerstoff, aber nur, weil sich die Schwefelsäure mit dem Manganoxyd verbinden kann. Die Wärme, das Licht, die Electricität u. s. w., können die Molecüle zwar in Bewegung versetzen, und bei verschiedenem Grade eigenthümliche Verbindungen bilden; aber bei den organischen Stoffen sehen wir, wie eine kleine Störung in der chemischen Wirkung eines Theils des Stoffes sich auf die Masse ausdehnt, oder von dem einen Stoff auf den anderen übergeht. Wenn z. B. in einem organischen Körper an einer einzelnen Stelle Fäulniss entsteht, so verbreitet diese sich bald über die ganze Masse. Ein faules Stück Holz an ein gesundes befestigt, verursacht, dass dieses bald in Fäulniss übergeht u. s. w. Die gestörte Wirkung der organischen Kräfte stört also wieder andere. Hiermit hängt das, was wir bei der Kristallisation, bei der Detonation des Schiesspulvers sehen, zusammen. Eine Flüssigkeit kann lange ohne Kristallisation bleiben, sobald aber ein kleiner Kristall sich gebildet hat, folgt häufig eine grosse Menge derselben. Wenn ein Korn einer grossen Masse Schiesspulver entzündet wird, so theilt sich die Wirkung der ganzen Masse mit. Bei der Verdauung sehen wir das Bilin als einen Hauptstoff auftreten,

der chemische Wirkung erzeugt und die Assimilation zu Stande bringen muss; es wird sehr leicht zersetzt, und in Bilofellinsäure und Cholinsäure verwandelt. Wir sehen dies besonders deutlich in allen Arten der Gährung.

Gährung. Sehr viele im flüssigen Zustande befindliche organische Stoffe zeigen, wenn sie einer bestimmten Temperatur ausgesetzt werden, eine innere Bewegung, sie brausen auf, und erleiden dabei eine chemische Veränderung. Mit allen Pflanzensäften, besonders mit den zuckerhaltigen, ist dies der Fall. Diese Aenderung wird durch ganz verschiedene Stoffe erzeugt, sie geht aber immer von sehr zusammengesetzten organischen Körpern aus. Je nachdem die Atomenzahl der Elemente eines organischen Körpers grösser ist, desto leichter werden diese Elemente umgesetzt, desto schwächer sind die Kräfte, welche sie mit einander verbinden, und desto leichter entstehen aus denselben neue Verbindungen. Zu diesen Körpern gehören der Eiweissstoff, der Faserstoff, das Gelatin der Thiere, der Eiweissstoff der Pflanzen, Kleber und alle Stoffe, welche diese enthalten. Wenn eine dieser Substanzen mit zuckerhaltigen Körpern gemischt ist, so beobachtet man bald die erwähnten Erscheinungen, und es entsteht der Prozess, den wir Gährung nennen. Nach *Liebig* wird dann Zucker in Kohlensäure und Weingeist verwandelt, weil die chemischen Kräfte, welche die Zuckeratome binden, gestört werden, zufolge der Zersetzung in einem der erwähnten zusammengesetzten Stoffe, eine Zersetzung, welche stets weiter geht, und so lange sie fortwährt, alle organische chemische Kräfte rings umher stört. Wenn diese Ansicht richtig ist, so muss entweder das Eiweiss immer in Zersetzung begriffen sein, oder die Gährung muss erst dann beginnen, wenn diese zusammengesetzten Stoffe anfangen zersetzt zu werden, und die Zersetzung des Eiweisses müsste also noch von etwas Anderem abhängig sein. Ersteres wird durch die Beobachtung nicht bestätigt, da die erwähnten zusammengesetzten Stoffe erstens nicht zugleich gebildet und zersetzt werden können, uud also *in* dem organischen Körper nicht zu-

gleich gebildet werden und in einem Zustand der Zersetzung begriffen sein können. Allein die Beobachtung lehrt auch, dass sie ausserhalb des organischen Körpers, der sie erzeugt hat, eine Zeit lang aufbewahrt werden können, ohne Zersetzungserscheinungen zu zeigen; z. B. wenn sie getrocknet sind, können sie auf unbestimmte Zeit aufbewahrt werden. Woher nun die Zersetzung in den genannten zusammengesetzten Substanzen, im Eiweiss, in der Hefe u. s. w. anfängt, ist nicht erwiesen; chemische Kräfte halten die zusammengesetzten Stoffe zusammen, und diese können nur durch chemisehe Kräfte wieder gestört werden. Das Räthsel ist also noch nicht gelöst. Es muss noch eine Ursache angegeben werden, durch welche die *erste* Bewegung der Molecüle in jenen zusammengesetzten Körpern *anfängt,* wenn diese z. B., nachdem sie getrocknet und lange aufbewahrt waren, in Zuckerwasser gebracht werden und dort Gährung erzeugen. Nach *Liebig* ist die Hefe (ein Gemenge von Pflanzeneiweissstoff und Kleber) immer im Zustande der Zersetzung, und diese Zersetzung soll sich auf andere in dem Wirkungskreise begriffene Körpér, namentlich auf Zucker fortpflanzen; aber es bleibt noch immer die Frage, wie kommt die Hefe anfangs in jenen Zustand der Zersetzung? Durch welche Ursache entsteht in der Hefe jene Umsetzung der Elemente und zwar eben die, welche die Hefe dem Zucker mittheilt? Giebt es noch einen anderen Stoff, welchen die Hefe zersetzt, eben so wie den Zucker? Wenn wir Zucker in Kohlensäure und Weingeist verwandeln durch Leim, der Jahre lang aufbewahrt war, *ohne* in einem Zustande der Zersetzung zu verkehren, so ist die Frage: wie fängt der Leim, wenn die Alkohol-Bildung, die Gährung von ihm ausgeht, an zersetzt zu werden, wodurch geräth er in jenen Zustand? Hier stehen wir, ohne irgend eine Antwort geben zu können, und das Räthsel ist nicht gelöst. Wir können nur mit *Liebig* annehmen, dass sehr zusamengesetzte Stoffe locker zusammenhängende Atome enthalten, welche durch äussere Ursachen eben so leicht getrennt wer-

den, wie die Fulminate u. s. w. [1]). Zu diesen äusseren Ursachen gehört ohne Zweifel eine bestimmte Temperatur, eine Temperatur, welche zwar die mittlere der Atmosphäre nicht übersteigt, und also, wie wir es nennen, niedrig ist, die aber nichtsdestoweniger ebenso leicht zusammengesetzte Verbindungen verändern kann, wie eine höhere Temperatur alle organische Stoffe in eine grosse Reihe pyrochemischer Produkte verwandeln kann, in Stoffe, deren Natur von jener Temperatur durchaus abhängig ist. Wenn wir nun beobachten, dass die Elemente der organischen Körper, durch eine verschiedene Temperatur in einen verschiedenen chemischen Zustand gebracht werden, so dass sie neue Verbindungen eingehen können, so kann der Wärme ein katalytischer Einfluss zugeschrieben werden. Wenn wir dies auf die Vorgänge in jenen Pflanzen anwenden, in welchen im Winter keine Functionen bestehen und durch die Frühlingswärme alles wieder auflebt; wenn wir dies bei allen Stoffen durchführen, die vom Einflusse der Temperatur mehr oder weniger abhängig sind, so haben wir einiges Recht, die Wärme als die erste Quelle des chemischen Stoffwechsels in zusammengesetzten organischen Körpern anzunehmen, welcher dann, wenn er einmal entstanden ist, auf andere übertragen werden kann. Wir sagen dann, dass die Wärme die Stoffe katalysirt; der *Anfang* der Zersetzung der Hefe ist also einer bestimmten katalysirenden Temperatur zuzuschreiben.

Die organischen zusammengesetzten Körper werden durch den Unterschied der Temperatur leicht umgesetzt, und diese Umsetzung pflanzt sich leicht auf andere organische Körper, welche mit denselben in Berührung sind, fort. Dies dürfen wir als bestimmt erwiesen betrachten. Wir suchen also unserer Beobachtung gemäss die erste Quelle der chemischen Wirkung, welche von zusammengesetzten organischen Stoffen ausgeht und auf andere Körper übertragen wird, nicht in diesen Kör-

[1]) *Scherer* hat bewiesen, dass Faserstoff in Sauerstoff diesen aufnimmt, und Kohlensäure bildet. (Ann. der Chemie und Pharm. 1841.)

pern selbst, sondern in der Temperatur, und wir nennen in diesem Sinne, in demselben, in welchem *Berzelius* dies genommen hat, die Temperatur katalysirend; wir schreiben der Temperatur die Fähigkeit zu, die in den Elementen verborgenen chemischen Kräfte, welche dieselben zu *einem* Ganzen verbinden, zu modificiren, dieselben in einigen zu verstärken, in anderen zu schwächen, wodurch eine Störung des chemischen Gleichgewichts und also auch die Entstehung neuer Körper erfolgt; grade so wie Platin-Schwamm H^2 und O zur Verbindung erregt, wie SO^3 die Elemente des Weingeists in Wasser und Aethyloxyd umsetzt, wie SO^3 den Zucker in Huminsäure und Ameisensäure verwandelt.

Die chemischen Kräfte, welche durch diese Zersetzung organischer Stoffe in organischen Körpern erweckt werden können, folgen bisweilen anderen Gesetzen als den gewöhnlich in organischen Körpern herrschenden. Wenn z. B. schwefelsaures Natron, dessen Elemente fest unter einander verbunden sind, der Einwirkung der Fäulniss ausgesetzt wird, so entsteht daraus kohlensaures Natron und Schwefelwasserstoffgas. Die Kohlensäure entsteht durch die Gährung der faulenden Stoffe aber, die Schwefelsäure wird hier, allen gewöhnlichen chemischen Gesetzen zuwider, zersetzt, verliert ihren Sauerstoff, indem auch Wasser zersetzt wird, dessen Wasserstoff sich mit dem Schwefel verbindet. Die zersetzende Wirkung der organischen Stoffe pflanzt sich also fort auf die anorganischen und verändert in denselben sogar die gewöhnlichen chemischen Kräfte. (Verhandeling over de Amsterdamsche wateren. 1826).

Wenn wir schon in den kräftig verbundenen Atomen eine solche Umsetzung sehen, wie viel leichter werden da die locker verbundenen Atome organischer Körper umgesetzt werden können, besonders diejenigen, deren Verbindung unter einander der Art ist, dass sie bei der kleinsten Wirkung, in welcher sie begriffen sind, unmittelbar von einander losgerissen und in eine ganz andere Lage versetzt werden. Und diese Umsetzung ist hier deshalb um so leichter, weil die sogenannten organischen

chemischen Kräfte auf gleichartige Kräfte einwirken. Daher also die leichte Umsetzung von Zucker in Weingeist und Kohlensäure, oder unter anderen Umständen von Zucker in Milchsäure, in Mannit, von Weingeist in Essigsäure u. s. w.

Aus den vielfachen Verwandelungen, welche der Zucker durch Agentien erfahren kann, (in Alkohol, Ulminsäure, Kleesäure, Zuckersäure u. s. w.) erhellt es, dass die Elemente des Zuckers sehr locker zusammenhängen, und zwar lockerer, als die vieler anderen Körper. Etwas Aehnliches sehen wir beim Zimmtöl, aus welchem unter dem Einflusse der Luft oder verschiedener Säuren immer neue Produkte erzeugt werden: Cinnamyl-Hydrat, Zimmtsäure und eine Menge harziger Körper. In jedem Falle bleiben die Elemente des Zuckers verbunden, bis sie durch irgend welche Kräfte getrennt werden, und es ist also bei der Zersetzung des Zuckers eine Kraft zu überwinden, welche bei der weinigen Gährung von der Hefe ausgeht, und welche ohne Zweifel der Wärme zugeschrieben werden muss. Die Wärme ist die Lebensader des chemischen Stoffwechsels, und hat demnach einen unbegrenzten Einfluss auf die chemische Verbindung der Körper.

Besonders sind es die stickstoffhaltigen Körper, welche leicht zersetzt werden, so dass sie diese zersetzende Wirkung auch anderen Körpern mittheilen. Der Stickstoff hat eine grosse Neigung sich loszureissen, und dies wegen seiner indifferenten Natur (Liebig). Er verbindet sich nur mit Wasserstoff gern zu Ammoniak. Von dem Augenblicke an, dass der Bildung dieses genügt wird, ist das chemische Gleichgewicht der Elemente gestört und die Wirkung kann sich auf andere Stoffe fortpflanzen. Die stickstoffhaltigen Stoffe detoniren (Iodstickstoff, die Fulminate); organische Stoffe, mit Wasser in Berührung geben, wenn sie Stickstoff enthalten, Ammoniak, und der Kohlenstoff und der Sauerstoff bilden der Ammoniakbildung zufolge Kohlensäure.

Die Hefe und andere stickstoffhaltige Körper bedürfen also des Wassers, um Gährung zu erzeugen, d. h. um erst Ammoniak

und Kohlensäure zu bilden, und später dadurch eine neue Störung der chemischen Kräfte in anderen Körpern zu veranlassen. Die trennenden Kräfte gehen von der Wasserzersetzung, von der Zersetzung des organischen Stoffs, von der Bildung des Ammoniaks und der Kohlensäure aus. *Liebig* führt (S. 15) einen interessanten Beweis dafür an, dass in der That Stoffe, welche ganz in Ammoniak und Kohlensäure verwandelt werden können, auch äusserst leicht zersetzt werden. Zu diesen gehört die Cyansäure. Wenn diese in Wasser gelöst wird, wird sie auf der Stelle in Ammoniak und Kohlensäure zersetzt:

$$N^2C^2O + H^6O^3 = N^2H^6 + C^2O^4.$$

CO^2 entweicht unter Aufbrausen und es bleibt CO^2, N^2H^6 im Wasser gelöst. In dem Verhältnisse, in welchem die zusammengesetzten organischen Stoffe sich mehr der Zusammensetzung nähern, welche bei der Zersetzung Ammoniak und Kohlensäure geben kann, sind sie leichter zersetzbar. Dies soll nach *Liebig* mit den erwähnten, Gährungerzeugenden Stoffen der Fall sein, und also auch mit der Hefe. Dass diese entweder Ammonium enthalten oder leicht Ammonium bilden, beweist die Wirkung der Alkalien auf dieselben, welche alle Ammoniak aus denselben entwickeln, z. B. aus Eiweiss, Faserstoff u. s. w.; übrigens aber ist die Zusammensetzung derselben ausserordentlich verschieden von den Substanzen, welche nach Abzug des Ammoniaks Kohlensäure als Hauptbestandtheil zurücklassen, z. B.

$$\begin{array}{lll} \text{Protein . . 1 Aeq.} & = & C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12} \\ \text{Ammoniak 5 Aeq.} & = & \quad\;\; H^{30}\,N^{10} \\ \hline & & C^{40}\,H^{32}\qquad O^{12}. \end{array}$$

Diese Substanzen absorbiren aber sehr leicht bei ihrer Zersetzung Sauerstoff, so wie dies neuerdings vom Faserstoff und vom Eiweiss nachgewiesen ist (Scheikundinge onderzoekingen, Deel I).

Wenn Zucker unter dem Einflusse einer gemässigten Temperatur (15° — 25°) und der Hefe gährt, so entsteht daraus immer Weingeist und Kohlensäure. Ebenso aus vielen zuckerhaltigen Säften, wie von Früchten, rothen Rüben, Mohrrüben,

Zwiebeln. Wenn diese aber bei 35° bis 40° gähren, so entstehen aus ihnen andere Produkte. Der Eiweisstoff und der Kleber der Säfte werden bei dieser Temperatur ganz zersetzt, so dass aller Stickstoff als Ammoniak in der Flüssigkeit vorkommt, indem unter diesem veränderten Einflusse Milchsäure, Mannit und ein dem Gummi ähnlicher Stoff anstatt des Weingeistes und der Kohlensäure aus dem Zucker gebildet werden; hierbei entwickeln sich zugleich Gase. Es geht also hieraus hervor, dass die Zersetzung des Zuckers gänzlich abhängt von dem Zustand des Klebers und des Eiweisstoffs, welche zusammen bei der weinigen Gährung in Hefe verwandelt werden, und dass die Hefe, indem sie eine andere als die gewöhnliche Zersetzung erfährt, ganz neue Produkte erzeugt, welche mit denen der weinigen Gährung nichts gemein haben. Hieraus geht am klarsten hervor, dass der allgemeine Begriff der Bewegung der Molecüle nicht ausreicht, um die Bildung von Weingeist und Kohlensäure aus dem Zucker zu versinnlichen, sondern dass die Bewegung eine eigenthümliche, eine solche sein muss, welche die Zuckermolecüle in diesem Sinne und in keinem anderen afficirt, wenn Weingeist und Kohlensäure aus denselben gebildet werden soll.

Die einfachste Veränderung, welche die Hefe erfährt, ist allein dazu geeignet, weinige Gährung zu erzeugen. Diese besteht in der fortwährenden Entwicklung von Kohlensäure und der wahrscheinlich gleichzeitigen Bildung von Ammoniak. Wenn dieser Veränderung entgegengewirkt wird, so besitzt die Hefe nicht die Fähigkeit, Gährung zu erzeugen oder zu erhalten. Starkes Austrocknen, Sublimat, salpetersaures Silber, schweflichte Säure, Kreosot, u. s. w. hinderen die Hefe daran, den Zucker zur Gährung zu bringen. Die Hefe ist auch nicht im Stande Gährung zu erzeugen, wenigstens nicht dieselbe anfangen zu lassen, ausser unter dem Einflusse des Sauerstoffs der Luft. Denn wenn man diesen vollkommen absperrt, so entsteht keine Gährung. Die Abkochung von Hefe in Wasser enthält die Stoffe, welche die Gährung erzeugen; die in Wasser unlöslichen Theile erzeugen sie nicht. Allein die Abkochung

thut es ebenfalls nicht, wenn man sie nicht erst der Luft aussetzt. Es wird dann Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure ausgetrieben, und von diesem Augenblick an vermag das Decoct Zucker in Weingeist und Kohlensäure zu verwandeln. (Liebig).

Während die Hefe den Zucker zur Gährung bringt, wird ein Theil der Hefe zersetzt, obgleich die Bestandtheile derselben nichts zur Alkoholbildung beitragen und auch nicht merklich zu der Menge der Kohlensäure, welche entwickelt wird. *Thénard* hat nämlich gefunden, dass 100 Theile Zucker 51,27 Kohlensäure und 52,62 absoluten Alkohol geben, zusammen 103,89. Es wird indess auch ein At. Wasser mit $C^{12}H^{22}O^{11}$ verbunden, welches also ungefähr dasselbe giebt. Von 20 Theilen Hefe, welche 100 Theile Zucker zur Gährung gebracht haben, blieben 13,7 unlösliche Theile zurück, welche auf's neue mit Zucker in Berührung gebracht, 10 Theile eines unlöslichen Stoffs zurückliessen, der nicht mehr fähig war, Gährung zu erzeugen. Dass die Hefe auch bei der Gährung zersetzt wird, ist noch auf eine andere Weise erwiesen. Eine sehr kleine Menge Hefe kann eine grosse Quantität Zucker nicht zur Gährung bringen, und umgekehrt: die Zersetzung der Hefe dauert noch fort, nachdem eine kleine Menge Zucker ganz in Weingeist und Kohlensäure verwandelt ist. (Liebig).

Diese Fähigkeit der Hefe oder thierischer Substanzen, den Zucker in Weingeist oder Kohlensäure zu verwandeln, wird von *Liebig* mit Recht mehren anderen Zersetzungen parallel gestellt. So giebt z. B. Pferdeharn frisch abgedampft und mit einer Säure gesättigt Hippursäure; hebt man aber den Harn einige Tage auf, so hat man statt dieser Benzoësäure. Aus frischem mit Salpetersäure gesättigtem Menschenharn bekommt man Harnstoff; aus faulendem nicht, sondern kohlensaures Ammoniak. Amygdalin wird durch Hefe und Zucker in Blausäure verwandelt; (die Wirkung des Emulsins auf Amygdalin muss so lange für Katalyse gehalten werden, bis es erwiesen ist, dass Emulsin in Zersetzung begriffen ist und diesen Zustand auf Amygdalin fortpflanzt.). Wenn Radix Althaeae mit Kalkwasser

kalt ausgezogen wird, so erhält man durch Abdampfen Asparagin; wenn man aber die Lösung mit Hefe in Verbindung bringt, so bekommt man an Ammoniak gebundene Asparaginsäure.

Sehr viele organische Substanzen haben die Eigenschaft, wenn sie einer bestimmten Wärme und Feuchtigkeit ausgesetzt werden, in neue Produkte zersetzt zu werden, welche auf gewöhnliche chemische Weise auch erzeugt werden können. Dahin gehört die Verwandlung von Holzfaser in Huminsäure und andere Stoffe, welche auch erhalten werden können, wenn Schwefelsäure auf Holzfaser einwirkt. Es ist keine eigentliche Gährung, sondern eine Umsetzung der Elemente, die mit der in der Hefe vorsichgehenden verglichen werden kann, und welche ebenso wie bei der Hefe von denselben auch auf andere übertragen werden kann. Wenn man nämlich in einem Wasser, in welchem Schwefelsäure- und Eisensalze enthalten sind, Holz faulen lässt, so setzt sich Schwefeleisen an die festen Körper an, während Huminsäure aus dem faulenden Holze entsteht. Das Schwefeleisen entsteht aus dem Schwefel der schwefelsauren Salze und dem Eisen der Eisensalze. (Liebig). Einigen Stoffen ist es eigen, die Veränderung, welche aus Holzfaser Huminsäure erzeugt, sehr schnell zu erfahren; Gerbsäure wird an der Luft sehr schnell in Apothema von Tannin verwandelt, ebenso der Extractivstoff unter dem Einflusse des Sauerstoffs der Atmosphäre und einer höheren Temperatur. Es ist dieselbe Verwandlung, welche stickstoffhaltige Substanzen, Hefe, u. s. w. erfahren, nur können sie, wenn sie keinen Stickstoff enthalten, natürlich kein Ammoniak geben. Bei dieser Verwandlung findet immer eine Sauerstoffabsorbtion statt, und bisweilen wird nur ein einziger oder zwei neue Stoffe gebildet, z. B. wenn aus Weingeist, $C^4 H^{12} O^2 + O^4$, Essigsäure und Wasser enstehen: $C^4 H^6 O^3 + H^6 O^3$. Bei der Oxydation des Tannins oder des Extractivstoffs wird indess auch Kohlensäure gebildet, und zwar eine dem absorbirten Sauerstoff gleiche Menge. (De Saussure). Die Elemente solcher Stoffe sind sehr locker mit einander verbunden und bilden lieber andere Körper, deren Elemente fester

zusammenhängen. Die Elemente befinden sich also in einem Zustande der Spannung nach aussen und nehmen alles was an Sauerstoff mit ihnen in Berührung kommt begierig auf; es ist ein Zustand, der sich mit dem vergleichen lässt, in welchem Eisenoxydul-Hydrat, Manganoxydul-Hydrat, Schwefelkalium und viele andere organische Körper verkehren, und den wir mit dem nicht bezeichnenden Namen der Oxydirbarkeit belegen. Die meisten chemischen organischen Körper verändern sich auf diese Weise; hierher gehören z. B. die Lösungen von Pflanzensäuren in Wasser, die einer gewissen Temperatur ausgesetzt eine Reihe neuer Produkte, sogar organische Körper, Schimmelpflänzchen hervorbringen können, so z. B. die Citronensäure, die Weinsteinsäure, u. s. w. Wenn die Stoffe nicht einfach, sondern zusammengesetzt sind, so verändern sie sich noch leichter; so z. B. das Holz, welches durch den Eiweissgehalt unter gewissen Umständen sehr schnell der Fäulniss unterworfen ist, (trockne Fäulniss) u. s. w. Besonders können die Alkalien bei gewissen Stoffen diese Umsetzung der Elemente beschleunigen; Gallussäure wird z. B. mit einem Alkali in Berührung schnell in eine braune Materie verwandelt; salicyligsaures Kali wird unter Absorbtion von O^3 in Essigsäure und Melansäure verwandelt.

Fette Oele und andere fette Substanzen bringen auf diese Weise kein Gemenge von verschiedenen Stoffen hervor, geben keine Kohlensäure, sondern eine Fettsäure; fast alle aetherische Oele geben Harze als Oxydationsprodukte der Luft. Dahin gehört auch die Veränderung, welche Orcin, Phloridzin und andere erfahren, wenn sie mit der Luft und Ammoniak in Berührung sind, und blaue Farbstoffe aus weissen Substanzen bilden (siehe unten). Ebenso die Verwandlung von

Protein $C^{40} H^{62} N^{10} O^{12} + O^4$
in Huminsäure $C^{40} H^{30} O^{15} + H^2 O$
und Ammoniak $H^{30} N^{10}$.

Alle diese Verwandlungen, ich wiederhole es, schliessen sich an eine gewöhnliche Erscheinung in der anorganischen

Chemie an, an die Oxydation des Eisens, des Kaliums u. s. w. an der Luft.

Möge es nun sein, dass in dieser Verwandlung H allein, oder C allein, oder beide mit Sauerstoff verbunden werden, man hat dieselbe mit der *Verbrennung* verglichen und sie sogar Verbrennung genannt. Sie kann in der That mit der Verbrennung verglichen werden. Es besteht indess zwischen dieser Verwandlung der Stoffe und der Verbrennung der Unterschied, dass diese eine gänzliche, durch eine höhere Temperatur erzeugte Umsetzung ist, während die erwähnten Erscheinungen durch eine einfache Störung des Gleichgewichts der chemischen Kräfte entstehen, welche Kräfte während der Lebensthätigkeit der Thiere oder Pflanzen, zu denen die Stoffe gehören, modificirt sind, und die unter gewissen Umständen, namentlich bei trockner Kälte, noch zugegen bleiben, bei Feuchtigkeit und Wärme aber, besonders durch die Wärme, gestört werden, um neuen Kräften zu weichen. Unter diesen neuen Kräften zeigt sich dann die Neigung von Wasserstoff und Kohlenstoff sich zu oxydiren. Dieser Neigung folgen sie, sobald andere Kräfte ruhen; sie folgen ihr ganz, wenn kräftige Ursachen eine grosse Störung veranlassen, z. B. die Hitze eines brennenden, in die Nähe des organischen gebrachten Körpers; theilweise, wenn eine neue Anzahl Atome von C, H und O einander in einem Verhältnisse treffen, das wiederum eine innige Verbindung erzeugen kann. Das Beispiel des in Weingeist und Kohlensäure verwandelten Zuckers setzt dies in ein deutliches Licht.

Man glaube indess nicht, dass dem Sauerstoff vorzugsweise eine solche Kraft, die Körper anzugreifen, einwohne. Wenn unsere Atmosphäre aus lauter Chlor, oder aus Bromdämpfen bestände, so würde die Fähigkeit dieser Substanzen, das chemische Gleichgewicht zu stören, oder bei gestörtem Gleichgewicht bereit zu sein, mit vorhandenen Körpern eine Verbindung einzugehen, viel stärker sein, als dies jetzt am Sauerstoff beobachtet wird. Deshalb müssen alle diese Oxydationserscheinungen organischer oder anorganischer Körper,

nicht zu einer bestimmten und eigenen Reihe, sondern zur gewöhnlichen chemischen Wirkung gezählt werden, welche zum grossen Theil vom Einflusse der Umstände, unter denen ein Körper verkehrt, abhängt, und immer darauf ausgeht, die chemische Spannung zu befriedigen, einen Gleichgewichtszustand zu erzeugen.

Die eigenthümlichen in den Elementen vorhandenen Kräfte sind also hier zu den Hauptursachen der Umsetzung der organischen Stoffe in andere zu zählen, indem sie z. B. Sauerstoff aufnehmen. Der freie Kohlenstoff und Wasserstoff zeigen diese Neigung den Sauerstoff aufzunehmen nicht bei der gewöhnlichen Temperatur; aber eine höhere Temperatur kann in beiden, Platin-Schwamm auch in Wasserstoffgas diese Kraft erregen. Wir sehen diese Kräfte stark im Kalium und Natrium, im Phosphor und vielen anderen Stoffen, woraus hervor geht, dass ohne neue äussere Umstände, diese Körper ebenfalls Sauerstoff aufnehmen, wie der Kohlenstoff und Wasserstoff bei der Verbrennung und bei der Umsetzung organischer Stoffe. Sowie der Kohlenstoff und Wasserstoff nicht mehr durch jene chemischen Kräfte gebunden werden, deren Modification sie im organischen Reich erlitten haben, folgen sie der ihnen ursprünglich am stärksten eignen Neigung und oxydiren sich, ebenso wie in der Hefe der Stickstoff sich mit Wasserstoff zu Ammoniak verbindet. Was also in der Anordnung der organischen Molecüle verändert wird, wenn sie verwesen oder eine ähnliche Veränderung erfahren, hängt zunächst von dieser ursprünglichen Neigung der Elemente ab, anderentheils aber von der Möglichkeit, ob neue kräftige Verbindungen der Elemente in einer anderen Ordnung entstehen können oder nicht, die nicht wieder unter diesen Umständen gestört werden können, sondern kräftiger einwirkender Ursachen bedürfen, um ganz zersetzt zu werden.

Von der Fäulniss ist die Veränderung, welche am Holze Verwesung (vermolming) genannt wird, nicht wesentlich verschieden, sondern nur in so fern, als bei der Fäulniss Wasserstoff

mit Kohlenstoff als Gas entweicht, was bei der Verwesung, welche eine blosse Oxydation des C oder des C und H erzeugt, nicht statt findet. Hieraus geht also hervor, dass die Elemente in der Verwesung allmälig ihre stärkste Neigung befriedigen, den stärksten Kräften, welche in denselben herrschen, gehorchen, und es folgt umgekehrt daraus, dass die Holzbildung eine Folge einer chemischen Wirkung in umgekehrtem Sinne ist, von der, durch welche das Holz bei der Verwesung in Kohlensäure und Wasser zerfällt.

Es fragt sich jetzt, ob bei dieser Zersetzung die sogenannten organischen Kräfte von selbst in der Befriedigung der ursprünglichen Neigung der Elemente nachlassen, oder ob es Ursachen geben muss, welche diese sogenannten organischen Kräfte schwächen. Beides ist wahrscheinlich. Was dem Einflusse des Lebens entzogen ist, empfängt vom Leben keine neue Reize mehr, es ist unter andere Verhältnisse gebracht, und so wie die materiellen Produkte des Lebens von denen der anorganischen Natur durch jenen Unterschied der Verhältnisse, in welchen sich die Elemente befinden, verschieden sind, so müssen die Produkte der dem Einflusse des Lebens entzogenen Stoffe bei jedem verschiedenen Verhältnisse ausserordentlich verschieden sein. Daher rührt es denn, dass schon von selbst in organischen, dem Einflusse des Lebens nicht mehr unterworfenen Stoffen die Kräfte, welche da sind, aufgehoben werden können; der alte Eindruck, den sie erhielten, ist verändert, modificirt, hat aufgehört; die Resultate können also nicht mehr dieselben sein. Nach dem Beharrungsvermögen, verharrt ein Stoff in dem Zustande, in welchen er einmal gebracht ist; allein eben so gültig ist die Regel: sublata causa, tollitur effectus. Die Lebensthätigkeit, welche wir hier unter dem Collectivnamen der Verhältnisse anführen wollen, bestimmt eine gewisse Spannung der Molecüle, welche bei vielen Stoffen aufhört, so bald diese Molecüle ihrem Einflusse entzogen sind. Ist nun einmal eine kleine Störung in dem chemischen Gleichgewicht eingetreten,

so ist ein Heerd, ein Centrum für die Wirkung gegeben, von wo aus sie sich ausdehnt. Ein kleines Stückchen verwesendes Holz steckt eine ganze Masse an. Hier wirkt das Holzstückchen wie die Hefe bei der Gährung.

Wodurch wird nun die Ruhe der sogenannten organischen Kräfte gestört? Es ist bewiesen, dass diese Störung von der Temperatur ausgeht; ohne einen bestimmten Wärmegrad giebt es keine Gährung, keine Fäulniss, keine chemische Wirkung. Bei der Gegenwart einer bestimmten Temperatur ist indess oft noch ein Stoff erforderlich, um die Wirkung bis zu einem gewissen Grade zu erregen. Für jede Art von Gährung ist es bewiesen, dass der Sauerstoff diese störende Eigenschaft besitzt. Die erste Erscheinung in einem gährenden oder faulenden Stoffe ist die Sauerstoffabsorbtion; wo diese nicht ist, giebt es keine Fäulniss, keine Gährung. *Gay-Lüssac* hat dies bewiesen, indem er Traubensaft einige Tage über in Quecksilber aufbewahrte, er kam nicht in Gährung; eine einzelne hinzugelassene Sauerstoffblase reichte hin, um die Gährung zum Anfang zu bringen, die von jetzt an fortdauerte. Diese einzelne Sauerstoffblase ist also nöthig, um eine Kraft mit in den Traubensaft zu führen, die im Stande ist, in einer kleinen Menge des Saftes die sogenannten organischen Kräfte zu stören; die neuen Produkte thun dies nun wieder in anderen Theilen, und von dorther wird die Störung durch die ganze Masse fortgepflanzt, so dass jetzt eine Zerlegung des Zuckers + aq. in Alcohol + $C\,O^2$ entsteht.

Hierauf beruht also das Aufbewahren von Fleisch, Gemüse u. s. w. in luftleeren Gefässen, welche gewöhnlich durch Kochen luftleer gemacht sind; dann Appert's Methode, dicht durch Kork verschlossene und mit Pflanzensäften gefüllte Flaschen zu kochen, um dadurch den Sauerstoff der kleinen Luftmenge, welche in denselben zurückgeblieben ist, zu entfernen und mit einigen der Stoffe zu verbinden, aber auf der anderen Seite auch, um manche chemische Kräfte zu stören, namentlich diejenigen, welche in dem aufgelösten Eiweissstoff vorhanden

sind, der durch das Kochen in geronnenes Eiweiss verwandelt wird. Darauf stützt sich auch das Schwefeln süsser Weine, oder von Früchtensäften, oder der Gebrauch von schweflichtsaurem Kali, weil sich $S O^2$ gern in SO^3 verwandelt.

Diese Sauerstoffaufnahme wird nun durch Alkalien sehr begünstigt, obgleich man nicht weiss, wie dies geschieht. Man sieht es aber am Orcin, am Phloridzin, an der salicyligen Säure; auch der Weingeist, in dem Alkali aufgelöst ist, bildet Essigsäure und Ameisensäure und eine braune Materie, und dies alles unter Sauerstoffabsorbtion. Ein Stoff, der sich leicht zersetzt, verwandelt den Alkohol auch leicht unter Sauerstoffabsorbtion in Essigsäure. Daher wird Weingeist durch etwas Honig, etwas Malz, oder Bier, oder sauren Wein, wenn er dem Licht ausgesetzt wird, in Essigsäure verwandelt, und es wird so der Schnell-Essig fabricirt (Wasser und Essigsäure). Diese beigemengten Stoffe werden zuerst zersetzt, und, indem sie zersetzt werden, theilen sie den Elementen des Weingeistes den Eindruck mit, auf welchen diese sich auch umsetzen und mit dem Sauerstoff der Luft sich zu andern Verbindungen ordnen (Liebig). Dass indess einige organische Stoffe hier bloss durch ihre Gegenwart und die unveränderlich von denselben ausgehenden Kräfte wirken können, und dass also eine wahre Katalyse stattfinden kann, das beweist der Platinschwamm, wenn über denselben bei unvollkommenem Zutritt der Luft Weingeistdämpfe geführt werden; der Platinschwamm wird dabei erhitzt und unter Sauerstoffabsorbtion wird Wasser und Aldehyd gebildet, ohne dass der Platinschwamm an diesem chemischen Vorgang irgend einen Antheil nimmt. Bei vollkommenem Zutritt der Luft entsteht Essigsäure und Wasser. Im Platinschwamm herrscht also dieselbe oder eine ähnliche Kraft, wie in den Stoffen, welche, indem sie zersetzt und mit Alkohol vermischt werden, wie der Honig u. s. w., den Weingeist nach der *Schüzenbach'*schen Methode in Essig verwandeln können.

Mit eben dieser Wirkung bringt *Liebig* die Salpeterbildung zusammen. Es ist bekannt, dass die stickstoffhaltigen organi-

schen Körper unter gewissen Umständen im Stande sind, Salpetersäure zu erzeugen, welche sich, wenn eine Basis zugegen ist, mit dieser zu einem salpetersauren Salze verbindet. Die Fäulniss organischer stickstoffhaltiger Körper nun hat die Bildung von Ammoniak zur Folge, welches als kohlensaures Ammoniak gebildet wird. Der Stickstoff verbindet sich vorzugsweise mit Wasserstoff, und nie unmittelbar mit dem Sauerstoff, und es fragt sich also, wie hier die Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff zusammen gebildet wird.

Eine unerlässliche Bedingung zur Salpeterbildung ist die Gegenwart einer Basis, und besonders einer alkalischen. Es wird jetzt erst aus dem Stickstoff Ammoniak gebildet, indem er sich mit Wasserstoff verbindet, und dieses Ammoniak wird darauf in Salpetersäure verwandelt, indem der Wasserstoff des Ammoniaks sich ebenso mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser, wie der Stickstoff zu Salpetersäure verbindet, welche dann mit einer Basis zu einem salpetersauren Salze verbunden wird. Bei der Zersetzung organischer Substanzen mit Kupferoxyd bekommt man immer Stickstoffoxydgas, wenn der Stickstoff in der organischen Substanz als Ammoniak vorhanden ist, während, wenn eine Cyanverbindung in Sauerstoff verbrennt, nur der Kohlenstoff oxydirt wird und der Stickstoff, ohne Bildung von Salpetersäure entweicht. Der isolirte Stickstoff wird also nicht mit Sauerstoff verbunden, sondern nur dann, wenn er als Ammoniak in der Verbindung zugegen ist (Liebig.) Bei der Salpeterbildung wird also desshalb Salpetersäure gebildet, weil durch den Sauerstoff der Luft aus dem Ammoniak zugleich Wasser und Salpetersäure gebildet werden, indem diese beiden Körper bei ihrem Entstehen sich gegenseitig in ihrer Bildung unterstützen. Daher rührt es denn auch, dass der kleinste Theil des in der Salpetersäure vorkommenden Stickstoffs bei der Salpeterbildung von chemischen Stoffen geliefert wird, so dass der grösste Theil desselben der Atmosphäre entführt wird, und die organischen Stoffe also vorzugsweise die Verwandlung des atmosphärischen Stickstoffs in Ammoniak vermitteln, welches

darauf unter Sauerstoffabsorbtion in Wasser und Salpetersäure zerfällt. Die Salpeterbildung ohne faulende organische Körper beweist dies mehr als hinreichend. An alten Mauern findet man viel salpetersauren Kalk, und ausserdem in allen porösen Körpern, welche lange der Atmosphäre ausgesetzt gewesen sind. In porösen Körpern wird Ammoniak aus der Atmosphäre verdichtet, aber auch bereitet; in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft wird aus demselben Wasser und Salpetersäure gebildet. (S. unten Ackererde.)

Durch diese Ideen über in Bewegung versetzte Molecüle, welche wir besonders *Liebig* verdanken, werden manche interessante Punkte in der Wissenschaft erläutert.

Was indess die Grundursache dieser Bewegung betrifft, so läuft diese darauf hinaus: Jedes chemische Molecüle besitzt die Eigenschaft, sich mit anderen Molecülen zu verbinden; diese Verbindung ist die Folge eines zu einem bestimmten Grade erhobenen Zustandes der Spannung der Molecüle. Sehr verschiedene Verhältnisse bringen eine solche zur Verbindung führende Spannung hervor; die Gegenwart eines dritten Körpers, der Electricität, des Lichts, der Wärme, der Lebensthätigkeit ertheilen der Verbindung eine bestimmte Richtung, bilden gewöhnlich zusammengesetzte Stoffe, und dies gewöhnlich deshalb auf eine eigenthümliche Weise, weil die Kunst häufig solche Verhältnisse schwer wieder erzeugen kann; die gewöhnlichen chemischen Operationen sind in der Regel einfacher; der Unterschied in den Produkten rührt daher, dass die Verhältnisse verschieden sind. Die Temperatur ist ein kräftiges Erregungsmittel der zur Verbindung führenden chemischen Spannung; in der Temperatur hat man die erste und vorzüglichste Basis des Vorgangs, den man Bewegung der Molecüle nennen kann, oder mit anderen Worten für den Zustand der Umsetzung der Molecüle, für den Zustand der chemischen Verbindungskraft, welche beide durch das Wort chemische Spannung ausgedrückt werden.

Vom Platinschwamm, von zu 300⁰ erhitztem Glase, von der Schwefelsäure, von einem brennenden Körper, von der

Hefe, von einem faulenden Stück Holz gehen Einwirkungen auf chemische Körper aus, welche sich als chemische charakterisiren, d. h. durch die Verbindung oder durch die Zerlegung dieser Stoffe. Alles, was durch den Einfluss einer der genannten Substanzen ergriffen wird, muss dafür empfänglich sein; das nennen wir chemische Spannung, und die Erregung derselben Erhebung jener Spannung zu einem bestimmten Grade.

Die Bestimmung des Einflusses eines jeden Verhältnisses ist das der Wissenschaft vorgeschriebene Ziel; die Erkenntniss dieses Einflusses ist die Grundlage aller anderen Kenntniss der Ursachen der Verbindung und Zerlegung der Körper überhaupt. Bis jetzt ist das Wort Verhältniss nur ein Collectivname, der sehr verschiedene Dinge in sich begreift. Dass diese alle auf ihren bestimmten Werth zurückgeführt werden mögen, das ist eine Hoffnung, deren Erfüllung wir von der Zukunft erwarten.

2. *Organische Kräfte.*

A) Zusammenhang zwischen den organischen und Molecularkräften.

Die organische Natur, alle Pflanzen- und Thierkörper, sind aus den Substanzen, welche in der Chemie Elemente genannt werden und auf vielfache Weise unter einander verbunden sind, zusammengesetzt. Es ist jetzt zu beantworten, ob die sogenannten organischen, im organischen Gebiet vorkommenden Kräfte ganz, oder theilweise abhängig sind von den Molecularkräften der Grundstoffe. Es ist dies fürwahr eine Frage, deren Beantwortung schwer ist. Wir wollen sehen, in wiefern die heutige Wissenschaft eine Antwort auf dieselbe geben kann.

Wenn wir von dem Begriffe ausgehen, dass ein organisches Ganze von einer allgemeinen Kraft, welche Lebenskraft genannt wird, beherrscht werde, so geben wir dem Ganzen etwas, das uns die Beobachtung nicht lehrt. Wir sehen zwar ein Ganzes von Erscheinungen, das wir mit einem allgemeinen Begriffe, den wir Leben nennen, umfassen; aber dieses Ganze ist ein Concretum. Es besteht aus einer Menge von Theilen; die Func-

tion eines jeden Organs hat, wenn sie gleich eine Function des Lebens ist, eine selbständige Existenz, welche zum Theil vom Ganzen getrennt ist, zum Theil aber nicht. Die Verrichtung der Leber ist von der der Nieren nicht abhängig und doch abhängig: nicht, weil die Leber in sich selbst die Fähigkeit besitzt, die Organe enthält, zur Abscheidung der Galle; sie ist von der Function der Nieren wohl abhängig, weil eine grosse Störung in diesen auf die Ausscheidung der Galle einen Einfluss ausübt, ja diese sogar gänzlich vernichten kann. Der Begriff der Gesundheit setzt als erste Bedingung die ungestörte Function eines jeden Organs und des Ganzen voraus; der Begriff des Lebens die Aeusserung der Haupterscheinung, die Fortdauer der Hauptverrichtungen dieses Ganzen.

Der ganze Organismus, und folglich jedes Organ, jeder Theil eines Organs, ist aus Grundstoffen zusammengesetzt, die nicht nur jeder für sich mit Kräften, welche in demselben nicht zerstört werden können, versehen sind, sondern die diese Kräfte auch auf *vielfache* Weise modificirt besitzen können. Der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Kohlenstoff, der Stickstoff, das Eisen, der Schwefel, der Phosphor, das Iod sind die Substanzen, die, unter einander verbunden, organische Körper erzeugen; allein dazu kommt noch eine Menge anderer Stoffe, welche im lebenden Organismus, in den organischen Körpern selten fehlen: es kommen sehr viele Säuren, Basen und Salze in denselben vor, welche für das Bestehen der organischen Stoffe ebenso unentbehrlich sind, wie die acht genannten Elemente; der Eiweissstoff ist z. B. ein Natron-Albuminat der Käsestoff eine Verbindung von Protein mit Schwefel und phosphorsaurem Kalk: mit einem Worte, die Mischung der Stoffe in den Organen, im Organismus als solchem, ist nicht einfach, sondern sehr verwickelt.

Alle diese Elemente und zusammengesetzten Körper führen nun die ihnen eigenthümlichen Kräfte mit sich. Es ist vor allen Dingen nicht das Materielle, das sie hauptsächlich charakterisirt, sondern das, was die Materie beherrscht, die Kräfte, welche derselben eigenthümlich sind. Sie zeigen sich alle fähig,

sich mit einander zu verbinden, und nach dieser Verbindung als neue Körper aufzutreten, als Körper, die auf eine neue Weise modificirte Kräfte besitzen, welche der Chemiker benutzt, um neue Verbindungen zu erzeugen.

Wenn wir die im organischen Reiche vorkommenden Substanzen durchgehen, so bemerken wir eine unabsehbare Reihe derselben, welche aus zwei, drei oder vier Grundstoffen zusammengesetzt sind. Schon dadurch allein wird das gelehrt, dass die in den Elementen vorkommenden Grundkräfte einer unendlichen Modification fähig sind. Unendlich verschieden ist also auch der Einfluss eines Elementes auf ein anderes; bei einem geringen Unterschied in dem Zustande, in welchem ein Element verkehrt, zeigt es sich den anderen Elementen gegenüber, als eine neue, ganz eigenthümliche Substanz. Nehmen wir z. B. Stärke, Gummi, Zucker, Essigsäure, Glucinsäure, Inulin; diese sind alle aus denselben Elementen in denselben Verhältnissen zusammengesetzt.

	C	H	O	
Stärke	12	18	9 +	H^2O
Gummi	12	18	9 +	H^2O
Zucker	12	18	9	
Essigsäure ⅓ ×	12	18	9	
Glucinsäure ⅔ ×	12	18	9 — 1½	H^2O
Inulin 2 ×	12	18	9 + 2	H^2O

Der Kohlenstoff des einen dieser Körper ist ohne Zweifel dem des anderen insoweit gleich, dass er aus seiner Verbindung isolirt mit denselben Eigenschaften auftritt; aber sich den Kohlenstoff, Wasserstoff oder Sauerstoff im Zucker so vorzustellen, wie in der Essigsäure, ist darum ungenau, weil Zucker und Essigsäure unter einander sehr verschieden sind, und wir diesen Unterschied von nichts Anderem herleiten können, als von dem Unterschied in den Kräften, welche eben diese Stoffe beherrschen. In beiden Fällen sind also der Kohlenstoff, Wasserstoff oder Sauerstoff nicht mehr mit denselben Eigenschaften versehen; sie treten unter einer eigenen Gestalt auf, und der Be-

griff, den wir mit Kohlenstoff, Wasserstoff oder Sauerstoff im Zucker und in der Essigsäure verbinden, muss deshalb eine Modification erleiden, weil die Kräfte, mit welchen der Stoff versehen ist, indem dieser selbst sich nicht verändern kann, modificirt sein müssen.

Dies wird besonders deutlich werden, wenn wir bei der Verbindung von C und H stehen bleiben; wollte man sich den Kohlenstoff und den Wasserstoff in C^5H^8, $C^{10}H^{16}$, $C^{15}H^{24}$, $C^{20}H^{32}$ immer gleich denken, so würde dies zur Identität der Körper führen und allen Unterschied aufheben. Unter den einfachen Körpern kennen wir mehre, welche, ohne dass sie irgend eine Verbindung eingegangen wären, sich ganz verschieden zeigen können, und dies durch einen kleinen Unterschied in den Verhältnissen, denen sie ausgesetzt waren. Der Phosphor wird z. B. durch Erhitzung und plötzliche Abkühlung schwarz, und das Silicium wird durch blosses Glühen so sehr modificirt, dass man, wenn man nur die Eigenschaften desselben berücksichtigte, das geglühte und das ungeglühte für zwei verschiedene Körper halten könnte. — Wenn nun schon die einfachen Körper, ohne irgend eine Verbindung einzugehen, sich fortdauernd als andere Körper zeigen können, wie viel leichter kann dies bei den Verbindungen derselben der Fall sein; ja es muss dies sogar überall da der Fall sein, wo kein anderer Weg zur Erklärung der Verschiedenheit der zusammengesetzten Körper übrig bleibt, wenn man nicht einen wesentlichen Unterschied in den zusammensetzenden einfachen Körpern selbst annimmt.

Wenn wir dies auf die bekannten zusammengesetzten Körper anwenden, so eröffnet sich uns ein unabsehbares Feld. Was wir in der Thierchemie Protein nennen, ist eine Substanz, deren Zusammensetzung wir in der Chemie als $C^{40}H^{62}N^{10}O^{12}$ kennen, die in Wasser, Weingeist und Aether unlöslich, in Alkalien löslich ist und aus denselben durch Säuren niedergeschlagen werden kann, die, mit starken Basen behandelt, Ammoniak giebt, u. s. w. Aber was verstehen wir unter alle diesem was für

einen Begriff verbinden wir dadurch mit der Substanz selbst? Einen einfachen Begriff der Unterscheidung in Vergleich mit anderen Substanzen, die bei einer anderen procentischen Zusammensetzung in Wasser, Alkohol oder Aether *wohl* gelöst werden, mit einem Worte, die andere Eigenschaften haben. Aber eben so wenig wie wir sagen können, dass der Kohlenstoff im Zucker und in der Essigsäure von denselben Kräften beherrscht werde, und also nicht denselben Begriff mit dem Kohlenstoff im Zucker und in der Essigsäure verbinden können, eben so wenig können wir uns das Protein in den vielfachen Modificationen, welche es im Thierkörper erfährt, als dasselbe denken.

In der Physiologie sagt man, dass in dem Keime des Eies nur eine formlose Masse vorkommt, die bei der Zersetzung nichts als denselben Stoff, d. h. eine Proteinverbindung liefert. Aus diesem Keime wird indess, wenn das Ei bebrütet wird, allmälig eine Reihe von Keimen der Organe entwickelt, welche bald zu entwickelten Organen werden, die zusammen das Huhn bilden. Man nimmt eine allgemeine Kraft an, welche auf diese formlose Masse, den Keim, einwirkt, eine Kraft, welche schon ganz da ist und in diesem Keime dieselbe ist, welche das ganze Thier später besitzen wird. *Müller* sagt: „So muss man die einfache, aus körnigem, formlosem Stoff bestehende Keimscheibe als das potentielle Ganze des späteren Thieres betrachten, begabt mit der wesentlichen und specifischen Kraft des späteren Thieres“ (Physiologie, I, S. 23, Ausg. v. 1833). Keine Vorstellung ist weniger klar als diese. Nach *Müller* würden die Kräfte, welche später alle Organe des Huhns beherrschen werden, da sein, bevor diese Organe selbst bestehen, bevor aus dem körnigen, formlosen Stoff der Keimscheibe der Organismus gebildet ist.

Wenn wir zu dem, was wir über den Begriff der Kraft erkannt haben, zurükgehen, so sehen wir hierin bei *Müller* eine Abweichung, welche weit von dem wahren physikalischen Wege abführt. In der Physiologie nimmt man in dem gebildeten Organismus gerade solch eine allgemeine, das Ganze beherrschende Kraft an. Die Respiration und Circulation, die Nerventhätigkeit

u. s. w. werden durch *eine* Kraft, welche Lebenskraft genannt wird, bedingt. Diese Lebenskraft veranlasst hier die Respiration, dort die Verdauung, anderwärts die Absonderung des Speichels, des pankreatischen Saftes, erhält hier Knochensubstanz, dort Muskelgewebe, anderswo die Hirnsubstanz. Man nimmt an, dass dieselbe Kraft für die verschiedenen Organe, auf welche sie einwirkt, modificirt ist. Auch dieser Begriff ist nicht physikalisch. Was bleibt denn vom Grundbegriffe der Kraft übrig, wenn wir dieselbe hier als die Ursache der Bewegung, dort als die Ursache des chemischen Stoffwechsels, anderswo als die Ursache des Gefühls oder anderer Empfindungen auftreten sehen? Die Lebenskraft scheint mir in diesem gewöhnlichen Sinne einen eben so unklaren Begriff zu geben, wie wenn man annähme, dass bei einer von Tausenden gelieferten Schlacht nur eine einzige, verschieden modificirte Kraft thätig wäre; eine Kraft, durch welche die Kanonen und Gewehre abgeschossen würden, die Säbel dreinschlügen, die Lanzen stächen, die Menschen und Pferde liefen und ständen, die Trompeten ertönten u. s. w. Das Heer tritt als ein selbständiges Ganze auf und zeigt gewisse Erscheinungen; der aus den am meisten verschiedenen Organen zusammengesetzte Organismus tritt als ein selbständiges Ganze auf und zeigt ebenfalls gewisse Erscheinungen. Wenn wir für diese letzteren eine einzige, je nach den verschiedenen Organen verschieden modificirte Kraft annehmen, *eine* einzige das Ganze beseelende Lebenskraft, so müssen wir, wenn wir consequent sein wollen, bei einer Schlacht auch *eine* schlachtliefernde Kraft annehmen.

Die Existenz einer solchen Lebenskraft ist mit Unrecht von Einigen dem gegenüber, was die todte Natur allein besitzt, vertheidigt worden; denn in einem Steine fand man diese allgemeine Kraft nicht, welche sich auf eine so befremdende Weise und in welcher Form man nur will, äussert, wenn man nur das Organ, auf welches diese Kraft einwirkt, verschieden sein lässt. Aus hoher Vorliebe für die lebende Natur, welche man als das Meisterwerk der mächtigen Hand, welche in derselben thätig

ist und das Ganze erhält, betrachtete, hat man jede Vorstellung, bei welcher die Kräfte der Stoffe in den Stoffen selbst gedacht werden, als materialistische Vorstellungen geschildert, ohne zu bedenken, dass man durch das Festhalten eines verworrenen Begriffs der Lebenskraft um nichts näher gekommen ist zu der Kenntniss von der Art und Weise, auf welche jenes mächtige Wesen, das mit einer unbegränzten Weisheit Alles, was lebt und nicht lebt, geschaffen hat und erhält, die organische Welt am Leben hält. Wir wollen es versuchen, die Sache zu verfolgen, und also untersuchen, welche Kräfte wir uns in dem lebenden Körper zu denken haben, und von wo wir bei dieser Vorstellung ausgehen müssen.

Wir wollen vom Einfachen zum Zusammengesetzten aufsteigen. Es ist durch Thatsachen, und zwar besonders durch die Anwendung, welche *Liebig* von diesen gemacht hat, erwiesen, dass einige Pflanzen von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser leben können [1], wenn zu diesen die Basen Säuren, und Salze kommen, welche für jede Art von Pflanzen unentbehrlich sind. Eins von beiden muss man sich nun denken: entweder dass die Pflanzen durch Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ernährt werden können, d. h. dass sie mit neuem Stoff aus jener Kohlensäure, jenem Wasser und Ammoniak auch neue Kräfte erhalten, oder dass die Pflanzen den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und des Ammoniaks Kräfte *mittheilen* und diese potenziren können. Allein die *Mittheilung von Kräften* ist kein physikalischer Begriff; wir theilen nur etwas Substantielles, etwas Materielles mit, übertragen es; Kräfte lassen sich wohl *erregen*, aber nicht *mittheilen*.

[1] Ich sage, dass *einige* Pflanzen leben *können*, und meine damit keineswegs, dass die Pflanzen keine lösliche organische Stoffe aus dem Boden aufnehmen, kein huminsaures Ammoniak, keine Quellsäure, keine Quellsatzsäure u. s. w. Dass indess viele Pflanzen aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak organische Substanzen bereiten können, ist jetzt ausser Zweifel gesetzt. Vergleiche unten: *Ackererde.*

Die durch den Magnet hervorgebrachten Erscheinungen erläutern dies völlig. Ein Stück Stahl besitzt magnetische Kräfte, wenn es auch nicht magnetisirt ist. Diese Kräfte schlummern, d. h. sie sind unter einander in einem solchen Gleichgewicht, dass sie nach aussen nicht sichtbar sind, sie bestehen aber dennoch. Sie wohnen den Molecülen des Eisens ein. Man kennt drei Grundstoffe, denen sie eigenthümlich sind: das Eisen, Nickel und Kobalt. Jedes kleine Theilchen dieser Metalle besitzt dieselben Kräfte, welche im Stande sind, jene Reihe von Erscheinungen zu lieferen, welche die Lehre vom Magnetismus erforscht hat. Dem Zinn, dem Blei, dem Silber können diese Kräfte nicht mitgetheilt werden; diese können nicht potenzirt werden. Wenn wir ein Stück Stahl potenziren, so erregen wir, was in demselben verborgen lag; wir trennen, was gebunden war. — Die Pflanzen erregen also in den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und des Ammoniaks Kräfte, wenn diese Stoffe von denselben aufgenommen und ihre Elemente vielfach zu Säuren, Basen, indifferenten Stoffen, Harzen, Fetten, flüchtigen Substanzen u. s. w. verbunden werden. Wenn nun die Pflanzen nur *erregen*, so liegen diese Kräfte schon in den Elementen der Kohlensäure, des Wassers und des Ammoniaks, d. h. sie schlummern zwar ind enselben, *sind* aber doch in denselben zugegen. Hieraus ergiebt sich also, dass aller Stoffwechsel, der in den Pflanzen vor sich geht, die Folge von Molecularkräften des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs, Stickstoffs, oder der Elemente der Kohlensäure, des Wassers und des Ammoniaks ist, welche in diesen Elementen durch die Pflanzen erweckt werden.

Durch die Pflanzen? Was verstehen wir darunter? Weckt *die Pflanze* in der Kohlensäure, die sie aufnimmt, schlummernde Kräfte, oder thut dies irgend ein Pflanzentheil? Nothwendigerweise muss es ein Theil der Pflanze thun, und zwar das Pflanzentheilchen, mit welchem die Kohlensäure in Berührung ist in dem Augenblick, in welchem sie verwandelt wird und mit Wasser, oder mit Wasser und Ammoniak neue, und zwar orga-

nische Körper bildet. Wir wollen die Stärke zum Beispiel nehmen. Nicht die Pflanze bereitet aus Kohlensäure und Wasser ein Stärkmehlkörnchen unter Ausscheidung von Sauerstoff, sondern es thut dies ein kleines Organ der Pflanze. Von einem solchen Organ geht also eine Kraft aus, welche in Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff schlummernde Kräfte erregt, oder besser noch, welche die in Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff vorkommenden Kräfte *modificirt*, so dass C^{12} sich mit H^{20} und O^{10} verbindet, und aus 12 CO^2 und 12 H^2O unter Entwickelung von 24 O Stärke gebildet wird [1]). Wer hierin etwas Anderes als eine Molecularkraft, eine andere als eine chemische Kraft thätig erblickt, sieht mehr, als da ist; es ist eine gewöhnliche Erscheinung von chemischer Natur, welche grade so zu Wege gebracht wird, wie neue Stoffe im anorganischen Reich gebildet werden, aus einigen nämlich unter dem Einflusse anderer; es ist nichts Anderes als ein eigenes Verhältniss, in welchem diese Stoffe jene geben.

Diese kleinen Organe, von welchen amylumbildende Kräfte ausgehen können, sind indess in den Pflanzen vorhanden, und findet man diese amylumbildenden Kräfte nicht bloss in den Pflanzen? Gewiss, die verschiedenen kleinen Organe, welche in den Pflanzen verschiedene Stoffe erzeugen, lassen eigenthümliche Kräfte von sich ausgehen; nur sind diese jenen kleinen Organen nicht durchaus eigenthümlich. Innerhalb und ausserhalb der Pflanzen wird Gummi und Zucker gebildet, innerhalb und ausserhalb der Pflanzen Benzoësäure, Zimmtsäure, innerhalb und ausserhalb der Pflanzen Valeriansäure: kurz, die chemischen Kräfte, welche von den kleinen Pflanzenorganen ausgehen, wenn sie neue Körper aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, oder aus diesen, nachdem sie schon auf irgend eine Weise mit einander verbunden sind, erzeugen, können auf

[1]) Wir meinen hiermit nicht, dass die Stärke direkt aus CO^2 und H^2O gebildet wird; es ist nur ein von einem gut bekannten Stoff entlehntes Beispiel.

gewöhnliche chemische Weise auch erregt werden, und insoweit sie dies nicht können, hängt dies nicht von einem wesentlichen, sondern von einem zufälligen Unterschied ab. Jeder Stoff nämlich, jeder zusammengesetzte Körper bedarf eigener Verhältnisse, um gebildet zu werden, d. h. die in den Elementen des zusammengesetzten Körpers vorhandenen Kräfte müssen unter dem Einflusse eigenthümlicher Umstände erzeugt werden. Ausserhalb des Pflanzenreichs hat man noch kein Stärkmehl, keine Cellulose bereitet, und vielleicht wird man diese nie bereiten; aber im Pflanzenreich wird auch aus schweflichter Säure und Sauerstoff keine Schwefelsäure bereitet, keine Uebermangansäure, kein Eisenchlorid, kein Wasserstoffhyperoxyd, kein Kaliumhyperoxyd. Wenn der Einfluss gewisser Stoffe, der Temperatur, der Feuchtigkeit, des Lichts u. s. w. verschieden ist, sind auch die Kräfte, welche in den Elementen erregt werden, verschieden; darum bringen Schmelztiegel und Retorten andere Stoffe hervor als die kleinen Pflanzenorgane, welche aus Kohlensäure und Wasser Cellulose und Sauerstoff bilden.

Woraus bestehen indess in den Pflanzen jene kleinen Organe, welche Stärkmehl und Cellulose bilden? Sie sind einmal auf ähnliche Weise wie das Stärkmehlkörnchen entstanden, d. h. aus Kohlensäure und Wasser (bei einigen auch aus Ammoniak), und zwar unter dem Einflusse früher vorhandener Organe; sie haben bei ihrer Entstehung eigenthümliche Kräfte bekommen, grade so wie das Stärkmehlkörnchen diese bekommt. Das amylumbildende Organ und das gebildete Stärkmehlkörnchen sind nicht etwa darin von einander verschieden, dass das eine nur die Fähigkeit hat, Kraft zu erregen, während das zweite sich passiv verhält, sondern sie können beide wechselsweise activ sein. Wenn wir das Stärkmehl mit Salpetersäure, mit Schwefelsäure in Berührung bringen, so werden wir sehen, mit welcher Kraft diese Säuren durch das Stärkmehl, welches dabei selbst auch verändert wird, zersetzt werden. Das Stärkmehl ist zwar aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauer-

stoff zusammengesetzt, aber es zeigt unter verschiedenen Verhältnissen eine grosse Verschiedenheit der chemischen Spannung der Elemente, welche zur Entstehung neuer Körper Veranlassung giebt. Mit der Diastase giebt Stärkmehl Gummi und Zucker, und der letztere kann durch Hefe in Weingeist und Kohlensäure verwandelt werden; der Weingeist wird unter dem Einflusse von Säuren in Aethyloxyd, und unter dem Einflusse von Wasserstoffsäuren in Aethylhaloide verwandelt; der Weingeist giebt mit der Luft und einer organischen Substanz oder Platin-Schwamm in Berührung Essigsäure; endlich giebt der Weingeist, wenn er an der Luft verbrennt, Kohlensäure und Wasser. Da kehren also die ursprünglichen Elemente des Stärkmehls wieder zu der Form zurück, in welcher sie den Pflanzen geboten waren; bei der Gährung war schon ein Theil des Kohlenstoffs als Kohlensäure ausgeschieden; durch die Verbrennung werden alle Elemente wieder zur Nahrung für die Pflanzen bereitet, und ein ähnliches Organ wie das, welches das Stärkmehlkörnchen gebildet hatte, kann aus Kohlensäure und Wasser wieder Stärkmehl bilden.

Wenn wir das, was wir hier entwickelt haben, in wenigen Worten zusammenfassen, so läuft es hierauf hinaus: ohne die in Kohlensäure und Wasser vorhandenen Kräfte giebt es keine Erregung dieser Kräfte durch das Organ der Pflanze, welches die Elemente sonst verbindet; ebensowenig wie es möglich ist, ohne Weingeist und Chlor, Chloral zu bilden.

Von welchen Pflanzenorganen wir ausgehen mögen, es giebt keins, das nicht auf ähnliche Weise entstanden wäre, wie das Stärkmehlkörnchen, und das bei der Entstehung aus chemischen Molecülen nicht zugleich eigene Molecularkräfte bekommen hätte. Die Vorstellung, dass heterogene Kräfte einander erregen, widerstreitet dem Begriff der Kraft; die Schwerkraft kann die magnetische nicht erregen; nur homogene Kräfte haben die Fähigkeit, einander zu entwickeln. Alle Ausscheidungen also und alle Reproduktion, welche die Folge der Wirkung von Molecularkräften sind, können nur von Molecularkräften ausge-

hen; mit anderen Worten, die kleinen Organe, welche aus den herbeigeführten Stoffen einen neuen zusammengesetzten Körper bilden, das chemische Gleichgewicht stören und ein neues zu Wege bringen, können dies nur dadurch thun, dass chemische Kräfte von ihnen ausgehen, indem ihre Elemente in einer chemischen Spannung verkehren, welche eine Erregungsquelle für neue Kräfte zu neuen Verbindungen ist. Weiter gehen diese erregenden Kräfte nicht von Massen, sondern von Molecülen aus; es sind Molecularkräfte, und sie haben also nichts gemein mit dem, was vom ganzen Individuum ausgeht. Nicht die Pflanze bildet das Stärkmehl, sondern die Molecüle des kleinen Organs, das dazu befähigt ist, indem diese das chemische Gleichgewicht modificiren.

Ein Beispiel kann dies erläutern. Wenn durch Schwefelsäure aus Stärkmehl Gummi bereitet wird, so wirkt von jedem Molecüle der Schwefelsäure auf jedes Molecüle des Stärkmehls ein Vermögen ein, durch welches dieses zu Gummi wird; die Art der Verbindung der Elemente des Stärkmehls wird durch die Schwefelsäure verändert, und zwar von Molecüle zu Molecüle. Ebenso verhält es sich, wenn in einigen Pflanzenorganen aus Stärkmehl Gummi bereitet wird.

Wo wir in dem organischen Reich Kräfte finden, treffen wir Stoffe, die alle mit Molecularkräften, mit chemischen Kräften versehen sind. Die Nerven selbst, diese sonderbaren Gebilde, bestehen aus keinen anderen Grundstoffen, als den gewöhnlichen des organischen Reichs, und es ist also unwidersprechlich wahr, dass diese Molecularkräfte für so weit Stoffwechsel im Organismus stattfindet, in diesem eine Hauptrolle spielen; weiter, dass für den Ursprung dieser Molecularkräfte keine allgemeine Kraft, keine Lebenskraft erdacht werden darf, da die reine Naturlehre sich gegen einen solchen Begriff gewaltsam sträubt, indem diese in die Natur nichts *hineingetragen*, sondern aus derselben *erforscht* wissen will, indem sie aus einer unbefangenen Beurtheilung der Erscheinungen, und nur aus dieser, zu den Ursachen sich zu erheben sucht, und sich diese Ursachen

nur so denkt, wie die Erscheinungen uns dieselben kennen lehren.

B) Entwicklung eines Keimes.

Wenn wir die auf dem Stoffwechsel beruhenden Lebenserscheinungen durchgehen wollen, so müssen wir zu der ersten Bildung der Organe, zur Entstehung des Individuums aus einem Keime zurückgehen. In der Eichel sehen wir eben so wenig Spuren der künftigen Eiche, als wir in der Keimscheibe des Eies Spuren des künftigen Huhns sehen. Beherrscht nun die Eichel eine Kraft, welche Eichen, die Keimscheibe eine Kraft, welche Hühner bildet? Giebt es eine *allgemeine* Kraft, welche alle Molecüle der in der Eichel enthaltenen Gerbsäure, des Stärkmehls, der Cellulose u. s. w., und alle Proteintheile der Keimscheibe des Eies auf eine *besondere* Weise beherrscht? Eine *besondere* Kraft ist die Wirkungsursache *besonderer* Resultate; eine *allgemeine* Kraft die Wirkungsursache *allgemeiner* Resultate. Niemand kann sich dies anders denken. Es ist unläugbar, dass in der Keimscheibe die Rudimente der künftigen Organe des Huhns nicht gefunden werden, wohl aber die Substanz, aus welcher die Rudimente der Organe gebildet werden sollen, und folglich die Rudimente der Rudimente. Mit dieser Substanz treten auch hier die mit der Materie unzertrennlich verbundenen Kräfte auf, d. h. die Molecularkräfte. Wenn diesen Molecülen nicht die Fähigkeit zukommt später zu Keimen der Organe, und diesen Keimen, später zu Organen zu werden, so entsteht durchaus kein Huhn. Diese Fähigkeit, diese ursprüngliche Bestimmung muss in den Molecülen vorhanden sein, sonst würde die beim Brüten entstehende Temperatur nicht im Stande sein, die Keime der Organe, und später die Organe selbst zu erzeugen. Nur deshalb wird aus der Keimscheibe keine Eiche, aus einer Eichel kein Huhn. Die Stoffe sind verschieden, und also auch die denselben einwohnenden Kräfte.

Hiermit stimmen Einige selbst überein, allein sie lassen jenen körnigen, formlosen Stoff, welchen sie sich passiv den-

ken, den Einfluss einer Kraft erfahren, welche sich mit keinem anderen Worte, als mit dem einer keimbildenden Kraft in der Keimscheibe bezeichnen lässt. *Müller* nennt diesen Stoff: „begabt mit der wesentlichen und specifischen Kraft des spä-„teren Thieres.“ Dieses Thier besteht indess noch nicht, kein einziges Organ besteht noch, ja nicht einmal der Keim eines Organs, und in diesem formlosen Stoff sollten wir uns die *specifischen Kräfte* des späteren Thieres denken, das nicht besteht? Ich muss gestehen, dass ich mir kaum die galleausscheidende Kraft einer bestehenden Leber denken kann; sich aber eine galleausscheidende Kraft in der Keimscheibe, welche noch kein Rudiment einer Leber besitzt, zu denken, dies dürfte keinem Sterblichen gegeben sein. Es ist auch ein unphysikalischer Begriff; in der Naturlehre denken wir uns Kräfte, wenn wir die Erscheinungen sehen; wenn aber diese Erscheinungen unmöglich sind, weil die Organe, welche dieselben erzeugen müssen, noch nicht bestehen, dann kann von solchen Kräften noch nicht die Rede sein. Es giebt also keine specifischen Kräfte des später in der Keimscheibe zu bildenden Thieres.

Wir wollen ein Beispiel aus der anorganischen Natur nehmen. Eine Auflösung von schwefelsaurem Natron in Wasser giebt beim Abdampfen Säulen. Wie denken wir uns das schwefelsaure Natron in der Auflösung? Als kleine Säulchen? Keineswegs. Als Molecüle, welche mit der Kraft, Säulen zu bilden, versehen sind? Ebensowenig. Es besteht einfach eine Anziehungskraft der Molecüle in einer bestimmten Richtung, deren *letzte Folge* die Bildung der Säule ist. Zwischen jener ersten Anziehung der Molecüle in einer bestimmten Richtung und dieser letzten Folge liegen viele Zustände der kleinen Theilchen, und es wirken viele Kräfte dazwischen, die *dann erst* da sind, *dann erst* erweckt werden, wenn die Molecüle durch ihre schon angenommene Lagerung diese in und durch einander auf diese Weise *erwecken*. Die Anordnung der Molecüle ist nach der Lehre vom Isomorphismus die Ursache der Entstehung der Säule; denn alle Körper, welche z. B. aus MO und RO^3 zusammenge-

setzt sind, nehmen eben diese Form an. Aber ebensowenig als man sich eine säulenbildende Kraft in allen diesen isomorphen Körpern, in den Sulphaten, Selenaten u. s. w. denken muss, ebensowenig ist diese von der Lagerung der Molecüle abhängige Grundkraft die einzige Ursache von allem dem, was bei jener Säulenbildung stattfindet.

Wir wollen dies auf die in der Keimscheibe vorhandenen Stoffe anwenden. Wer in denselben nichts als Protein und einige Salze erblickt, der betrachtet diesen formlosen Stoff nur mit einem chemisch ungebildeten Auge. Wir müssen *in denselben* sehen wollen, was wir *aus denselben* entwickelt werden sehen; d. h. Verbindungen, welche chemisch wenig oder nicht vom Protein verschieden sind, aber dennoch einen Unterschied zeigen. Der formlose Stoff fängt an, hier und da Pünktchen, geordnete Theilchen zu zeigen. Diese werden aus dem vorhandenen Stoff entwickelt durch die demselben einwohnenden und durch die Temperatur erregten Kräfte; ohne Temperaturerhöhung entsteht diese neue Anordnung der Theilchen nicht, ebensowenig wie ohne die in die Molecüle gelegte Fähigkeit, geordnet zu werden; grade so wie beim schwefelsauren Natron die ersten Kriställchen nicht gebildet werden ohne Wasserverdunstung und die Fähigkeit der Molecüle, einander in einem bestimmten Sinne anzuziehen. In der Keimscheibe nimmt diese Anordnung der Theilchen immer mehr zu, so dass eine grössere Zusammengesetztheit derselben entsteht. Diese grössere Zusammengesetztheit ist keine Folge der ursprünglichen Molecularkräfte, sondern der schon modificirten Kräfte, welche die Stoffe bei der ersten Anordnung bekommen haben. Dass sowohl diese erste, wie die folgende Anordnung der kleinen Theilchen in der Keimscheibe von der des schwefelsauren Natrons verschieden sein muss, ist deshalb natürlich, weil das Protein kein schwefelsaures Natron ist. Aber Protein ist *im chemischen Sinne* auch nicht in jedem Theilchen *dasselbe Protein,* d. h. das bei einer Analyse nichts Anderes als $C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12}$ liefernde; Portein ist desshalb nicht immer mit denselben ursprünglichen Kräften

der Anordnung versehen. Ein kleiner Unterschied der Umstände veranlasst, dass das schwefelsaure Natron in ganz andern Formen, ohne Kristallisationswasser oder mit 10 Atomen Kristallisationswasser ausgeschieden wird; die letztere Form entsteht unter 33°, die erstere über 33°. Die Molecüle der im organischen Reich vorkommenden Stoffe, des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs scheinen in der Fähigkeit, unter einander Verbindungen einzugehen, unerschöpflich zu sein; denn die Zahl der Verbindungen, welche sie bilden, ist unaussprechlich gross. Diese Fähigkeit besitzen jene Grundstoffe, und sie erhalten dieselbe nicht erst in Pflanzen und Thieren; in diesen wird sie nur erweckt.

So beschränkt also das schwefelsaure Natron in den Formen, welche die Grundstoffe dieses Salzes annehmen können, sein muss, so mannigfach können die Elemente des Proteins, deren chemische Anordnung keine Grenzen hat, in dem zusammengesetzten Körper bei kleinen Verschiedenheiten der Verhältnisse, Verschiedenheiten erzeugen. Jedes Proteintheilchen der Keimscheibe würde wohl Protein sein, wenn wir es der chemischen Untersuchung unterwerfen wollten, allein durch diese Untersuchung würde der eigenthümliche Zustand, in welchem dasselbe anderen Theilchen gegenüber verkehrt, nicht erforscht werden können. Wir können dies ebenso wenig erklären, wie wir im Stande sind, anzugeben, weshalb glasichte und milchichte arsenichte Säure, gelblich-grünes und rothes Quecksilberjodid eigentlich verschieden sind; aber wir sehen diese Verschiedenheiten und deshalb nehmen wir dieselben an; wir sehen diese Verschiedenheiten beim Protein im Eiweiss, Faserstoff, Käsestoff u. s. w. u. s. w., und deshalb nehmen wir dieselben an.

Im gewöhnlichen rohen Sinne herrschen freilich in den Theilchen derselben organischen Stoffe keine Verschiedenheiten, aber solche, welche sich an den Polymorphismus anschliessen, kommen unzweifelhaft in denselben vor. Der Chemiker giebt nur ein rohes Resultat, das der procentischen Zusammensetzung, er lässt uns aber oft ganz im Dunkeln über die Kennt-

niss der wahren Natur der Körper oder ihres wesentlichen Unterschieds. Wenn sich nun solche ungleichartige Theilchen an einander anschliessen, so muss ein zusammengesetzter Körper aus denselben entstehen, der mit eigenthümlichen Kräften versehen ist, welche zwar von den Molecularkräften der Grundstoffe abhängen, aber nicht durch diese allein bedingt werden; die Art und Weise, in welcher sie auf's neue geordnet sind, modificirt diese ursprünglichen Kräfte, und von jetzt an treten sie modificirt auf, und sie äussern sich also auch durch andere Erscheinungen als die ursprünglichen. Im schwefelsauren Natron herrschen alle Kräfte der zusammensetzenden Molecüle, und dieses Salz ist deshalb so zusammengesetzt, und es hat die Eigenschaften und die Form, welche die Folgen sind der einzigen wirkenden Ursachen, welche im Ganzen vorkommen können, nämlich die, welche zuletzt dem Schwefel und Sauerstoff, und dem Natrium und Sauerstoff einwohnen. Schwefelsaures Natron kann nichts Anderes besitzen und auch nichts Anderes werden, als das, was stets von seinen Elementen abhängig ist und von denselben ausschliesslich herrührt.

So denken wir uns also die Molecüle der Stoffe der Keimscheibe erst einfach geordnet, und darauf auf eine mehr zusammengesetzte Weise. Es ist aber noch keine Spur eines Organs zu bemerken, und also auch noch keine Kraft, welche diese Organe beherrschen soll. Die neue Anordnung der Theilchen modificirt die Molecularkräfte von neuem, und dies geht immer so fort. Indem die einmal in die Grundstoffe gelegten Kräfte die Quelle aller Wirkung, aller Erscheinungen, aller chemischen und organischen (d. h. physikalischen) Verbindungen bleiben, müssen bei jeder mehr zusammengesetzten Verbindung diese Grundkräfte andere Resultate zur Folge haben. Jedes bestehende Theilchen ist der Keim eines nachfolgenden, mehr zusammengesetzten, und indem die durch das Brüten hervorgebrachte Temperatur fortfährt, die Kräfte zu erregen, so ist eine stets zunehmende Modification in der Aneinanderschliessung der Theile und in den Kräften, welche von den neu gebildeten Gruppen ausgehen, gegeben.

Auf diese Weise wird allmälig der Stoff der Keimscheibe in den ganzen Kreis der Wirkung hineingezogen. Von jetzt an dehnt sich dieser Kreis aus und begreift in der Wirkung auch die Elemente des Eidotters und des Eiweisses. Mit Unrecht nimmt man diesen Nahrungstoff für das neugebildete Huhn oder für die Rudimente desselben. Auch in diesen liegen mit den Stoffen Kräfte, und zwar chemische Kräfte, welche sich an die in der Keimscheibe vorhandenen anreihen und zur Erzeugung des Ganzen mitwirken, Kräfte die keineswegs der Natur nach, sondern nur in der Richtung, der Aeusserungsweise von denjenigen verschieden sind, welche in der Keimscheibe gefunden werden.

Wir denken uns also durchaus nicht, dass die Molecüle des Herzens des gebildeten Huhns schon als Herz-Molecüle im Keime vorhanden waren, durchaus nicht die Molecüle des Verdauungskanals, als Magen- und Darm-Molecüle. Es begiebt sich in der Keimscheibe eine Reihe auf einander folgender Metamorphosen, deren Endresultat die Entstehung des Herzens, des Darmkanals, des ganzen Huhns ist. Wir denken uns also auch keineswegs Herz-bildende oder Darmkanal-bildende Kräfte in jenem Keime, sondern eine stufenweise Entwicklung neuer Reihen von Kräften, welche aus derselben Grundkraft der Molecüle des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs entstanden sind, als ebenso viele Aeusserungen neuer Gruppen, welche selbst wiederum Produkte der früher wirkenden Ursachen waren.

So kommt also die Galle-ausscheidende Kraft nicht zu Stande, bevor eine Leber gebildet ist; die Kraft, welche die Circulation erhält, nicht bevor Herz und Blutgefässe da sind.

Es liegt noch immer für den Menschen ein undurchdringlicher Schleier darüber, wie sich die Theilchen der Stoffe, sowohl der anorganischen wie der organischen, auf verschiedene Weise unter einander verbinden, und nachdem diese Verbindungen zu Stande gebracht sind, wieder neue Verbindungen eingehen können. Nur ist der in dieser Hinsicht über die organischen Körper ausgebreitete Schleier nicht etwa dichter als der, welcher die anorganischen bedeckt. Wer glaubt, dass es leichter

sei, sich die Bildung eines Kristalls vorzustellen, als die eines Gewebes von Fasern, Kügelchen und Zellen, d. h. eines Organs; wer glaubt, dass man sich leichter die Entstehung eines Niederschlags, d. h. einer Primitiv-Faser denken kann; wer glaubt, dass er sich besser den aus einer Auflösung schön kristallisirten Zucker, als die ersten Rudimente der Organe in der Keimscheibe vor die Seele rufen kann, — der irrt nach unserer Ansicht. Bis jetzt kann der Mensch in keines von beiden eindringen.

Ich kann meine Ansicht in wenig Worte zusammenfassen. Die Grundstoffe des organischen Reichs, der Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sind in der Modification der Grundkräfte, von welchen sie beherrscht werden, unerschöpflich; sie bilden deshalb bei kleinen Verschiedenheiten der Verhältnisse eine grosse Verschiedenheit, und stellen sich in Folge derselben Grundkräfte einander gegenüber in eine ganz andere Stellung, als andere Elemente dies thun. Dadurch sind sie im Stande, eine eigenthümliche Körperreihe, die sogenannte organische, zu bilden.

C. Generatio aequivoca.

Wenn wir von den oben angegebenen Principien ausgehen, so fällt der Streit über die *Generatio aequivoca* und die *Epigenesis* ganz hinweg. Die Vorstellung, dass Alles, was lebt nur aus Eichen entstehen kann, weil nur in den Eichen alle Kräfte vorkommen können und alle Keime der in den gebildeten Pflanzen und Thieren vorhandenen Organe, hat zu der Lehre der Epigenese Veranlassung gegeben. *Harvey's: omne vivum ex ovo* ist von Vielen kräftig vertheidigt worden, und hat noch jetzt sehr viele Anhänger. Ein Blick auf die organische Natur und auf das Wesen der organischen Körper setzt diese Lehre mit der der Generatio aequivoca in vollkommnen Einklang. Nennt man *Ovum* ein organisches Molecüle, oder einen organischen Körper, der aus einigen der vier organischen Elemente, und zwar in verschiedenen Gruppen geordnet, zusammengesetzt

ist, so ist *Harvey's* Ausspruch unwidersprechlich wahr. Er ist noch wahr, wenn man unter dem Namen eines Eichens ein ganz bestimmtes Molecüle versteht; denn auch dies lehrt die Beobachtung. Die Käsemilbe ist z. B. dem Käse eigenthümlich, bestimmte Schimmelpflänzchen entwickeln sich aus bestimmten Pflanzentheilen, Früchten. Es ist eine allgemeine Regel, dass aus gewissen organischen Molecülen nur bestimmte Stoffe und bestimmte Formen zum Vorschein kommen können. Aus *einem* bestimmten Molecüle entwickeln sich nicht alle mögliche, sondern nur bestimmte Formen.

Das Wort *Ovum* ist aber, in einem bestimmten Sinne genommen: ein durch eigene dazu bestimmte Organe gebildeter Keim eines Individuums, ein Keim, in welchem sich Alles concentrirt, was auf das später zu bildende Thier Bezug hat. Wir haben gesehen, dass es solche Ova nicht giebt. Es findet eine *Entwickelung* statt, eine Steigerung vom Einfachen zum mehr Zusammengesetzten. Ein Ei nun heisst im Sinne der Epigenetiker ein solcher Keim, aus welchem sich unter günstigen Umständen stets ein gleichartiges Individuum entwickelt.

Die Anhänger der Generatio aequivoca stellen sich die Sache im Wesentlichen nicht anders vor. Es sind hier organische Stoffe, also organische Molecüle, welche sich zu etwas Anderem entwickeln, und aus welchen endlich auch Individuen werden können. Warum sollte der Käse nicht ein Agglomerat von Eichen sein können, d. h. solcher Molecüle, aus welchen grade so ein Individuum zum Vorschein kommen kann, wie aus einem Insekten-Eichen? Die Samenthierchen lehren unwidersprechlich, dass Thierchen, wenigstens die Keime derselben, welche sich allmälig bloss dadurch, dass sie in einer Flüssigkeit herumschwimmen, mehr und mehr entwickeln, ausgeschiedene Stoffe, Secreta sein können; der Acarus scabiei, die Filaria Dracunculus, die Echinococci und so viele andere Entozoen, bestätigen, dass sie aus gewöhnlichen organischen Molecülen ebenso *im* thierischen Körper entstehen können, wie jedes organische Körperchen, z. B. ein Schleimkörperchen, ein Milch-

kügelchen, ein Eiterkügelchen. So wie die Keime der Samenthierchen nun ausgeschiedene Thierkeimchen sind, so können die Molecüle des Käsestoffs Milbeneichen sein und dennoch Caseinmolecüle bleiben. Das Eine schliesst das Andere nicht aus; das Ei besteht aus Eiweiss und aus dem Dotter, und beide sind doch der Keim eines Huhns.

Ganz und gar stimmt hiermit die Entwicklung des Mutterkorns, des Secale cornutum, überein, wo sich aus dem Gipfel derselben Frucht unter ganz anderen Umständen eine durchaus verschiedene Pflanze entwickelt, ein Pilz anstatt einer Graspflanze aus dem ganzen Samen.

Der Begriff des *Eichens* schliesst sich also ganz und gar an den des *organischen Molecüles,* d. h. eines solchen, welches aus Grundstoffen besteht, deren Aeusserungen unter verschiedenen Umständen eine unendliche Modification erleiden, neue Verbindungen eingehen, andere aufnehmen und in sich einschliessen, zu einem selbständigen Ganzen sich verbinden und so sich von anderen trennen können, mit denen sie ursprünglich zusammenhingen. Die Käsemilbe, das Schimmelpflänzchen auf faulenden Früchten, sind solche aus organischen Molecülen gebildete Individuen, sind Resultate der in den Grundstoffen verborgenen Molecularkräfte, so wie die Samenthierchen dies sind.

Die gewöhnlichen Eichen von Pflanzen und Thieren bestehen endlich aus nichts Anderem, als aus solchen organischen Molecülen, aus ähnlichen, wie diejenigen, aus welchen alle organische Stoffe bestehen. Sie sind Produkte organischer Körper, und also von den Keimen anderer, wie es heisst, durch Generatio aequivoca entstehender Körper weder in der Zusammensetzung, noch im Wesen verschieden. Organischen Molecülen ist es ja eigen, organische Molecüle zu erzeugen; in diesem Hauptpunkte sind Eichen und alle organische Molecüle unter einander gleich.

Das Pflanzenreich liefert hierfür schöne, unzählige Beispiele. Der Stamm des Baumes bringt keine Blätter, sondern Zweige hervor; die Zweige auch keine Blätter, sondern Blatt-

stiele, und aus diesen, aus ihrer Spitze entwickeln sich Blätter. Eine Blüthe mit einem Blüthenstiel entwickelt sich aus dem Ende des Blüthenstiels, wie ein Stamm aus einem in die Erde gelegten Samen; kein anderer Theil ist im Stande, eine solche Blüthe zu erzeugen; ja mehr noch: jedes Theilchen der Blüthe entwickelt sich aus seiner Anheftungsstelle. Die äussersten Zellen, welche dort gefunden werden, sind die Nahrungszellen für ganz eigenthümliche Theile, welche aus keiner anderen Art von Zellen entstehen können. Jede Zelle ist also gewissermaassen das Eichen für bestimmte Pflanzentheile; die an der Spitze eines Blattstiels befindlichen Zellen sind z. B. die Eichen des sich aus denselben entwickelnden Blattes; die an der Spitze des Blüthenstiels befindlichen Zellen die Eichen der schönen Formen der Blüthe und aller ihrer Theile. Das Pfropfen lehrt dies auf's deutlichste.

So reducirt sich der Begriff von Eichen wesentlich auf den eines organischen Molecüles, und so fällt der über die Generatio aequivoca und Epigenesis geführte Streit ganz weg. Aber so reducirt sich auch die allgemeine Lebenskraft auf Molecularkräfte. Die Resultate der Lebenskraft sind Resultate der so sehr verschiedenen Zellen, welche nach dieser Verschiedenheit ganz verschiedene Erscheinungen zeigen. In *einer* Pflanze würden wir die allgemeine Lebenskraft in Tausende von Kräften spalten müssen, in eben so viele als Zellenreichen da sind, die verschiedene Gegenstände hervorbringen; wir würden sie, mit anderen Worten, auf das, was von den Zellen selbst ausgeht, zurückführen müssen, und damit fällt der Begriff der Lebenskraft mit dem der Molecularkraft zusammen.

D. Uebertragung der Lebenskraft.

Der Begriff der Uebertragung der Lebenskraft widerspricht dem Begriff der Kraft. Eine schlummernde Kraft kann erweckt, eine schwächere verstärkt werden, aber man kann sich nicht denken, dass eine Kraft von der einen materiellen Masse auf

die andere übertragen würde. Es ist von Wichtigkeit, dies besonders hervorzuheben, wenn wir einen Augenblick bei der Art und Weise stehen bleiben wollen, auf welche man sich zu denken hat, dass ein neues organisches Ganze, das einem anderen seinen Ursprung verdankt, das Leben erhält. Wenn die Thierarten ihren Abkömmlingen etwas von ihrer Lebenskraft mittheilen, so müssen sie selbst Lebenskraft verlieren. Dies sehen wir nun nicht; im Gegentheil sie bleiben oft Jahre, nachdem schon entwickelte neue Wesen derselben Art gebildet sind, noch gleich kräftig. Der Baum, der mehre Jahre hinter einander Früchte bringt, deren Samen in grosser Menge um den Mutterstamm herum zu ganz entwickelten Bäumen geworden sind, lebt noch wie früher. Eine einzelne Mohnpflanze bringt Tausende von Samenkörnern hervor, deren jedes zu einer gleich vollkommenen Mohnpflanze heranwächst. An den Begriff der *Uebertragung* der Lebenskraft ist also nicht zu denken, wenn auch die Vorstellung einer Kraft demselben nicht widerspräche. Wir sehen vor unsern Augen die Entwicklung dieser Kraft aus ihren Erscheinungen.

Was ist nun der Träger jenes Keimes der Lebenskraft, die später entwickelt werden soll, und worin geschieht diese Entwicklung? Dieser Träger ist der Mohnsamen: eine kleine Quantität organischer Molecüle, und zwar solcher Molecüle, die von allen anderen verschieden sind; etwas Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, die unter einander auf eine eigene Weise zu eigenthümlichen Körpern verbunden sind, zu Körpern, die durch die Stoffmischung und Anordnung der Molecüle eigenthümlich sind. Diese Eigenthümlichkeit, durch welche sie sich von manchen Niederschlägen und Kristallen unterscheiden, haben sie von der Quelle, aus welcher sie entstanden sind, bekommen; d. h. die Elemente sind zu einer eigenen Spannung gelangt, welche durch die organischen Molecüle der Pflanze, unter deren Einflusse sie sich früher befanden, aus den in denselben liegenden Kräften erweckt worden ist. Sie haben nicht mehr, als sie zeigen, und was sie zeigen, ist die Veränderung ihrer

chemischen Zusammensetzung. Der Samen verwandelt seinen Stärkegehalt in Gummi und Zucker, und so treten schon gleich chemische Kräfte auf, die mit der Entwicklung neuer Formen in einem innigen Zusammenhang zu stehen scheinen. Bald tritt eine andere Erscheinung auf, die Aufnahme neuer Stoffe von Aussen. Diese neuen Stoffe bringen von Aussen etwas mit; sie sind nicht bloss schlechtweg *Stoffe,* sondern durch eine auf bestimmte Weise wirkende Ursache so und nicht anders verbundene Stoffe. Von diesen wird etwas mit dem, was aus dem Samen selbst entwickelt worden war, verbunden. Jetzt lebt sowohl das Molecüle, welches schon da war, wie das aus den von aussen aufgenommenen Stoffen gebildete; ersteres durch das, was es aus der Mutterpflanze mitgenommen hatte, letzteres dadurch, dass es dem ersteren homogen geworden ist. Diese Homogenität hat ihren Ursprung in der Materie und in der Fähigkeit der Materie, den von dem ersten Molecüle ausgehenden Kraftäusserungen zu folgen; mit anderen Worten: das zweite Molecüle musste an sich fähig sein, unter dem Einflusse des ersteren, diesem gleich zu werden. Also hat das zweite Molecüle alles, was demselben eigenthümlich ist, nicht *bekommen,* sondern es ist in demselben *erweckt.* Also lebt jetzt auch dieses Molecüle sowohl wie das erstere, und es kann nun wieder selbst neue Stoffe von Aussen aufnehmen und sich in jeder Hinsicht gleich machen, assimiliren. So lebt auch das dritte, und so dehnt sich das Leben aus. Die einmal auf eine bestimmte Weise geordneten Molecüle entwickeln eine neue Anordnung, neue Kräfte, wie wir dies früher auseinanderzusetzen gesucht haben. Wir wollen hier nur die Vorstellung der Uebertragung der Lebenskraft prüfen.

Aus dem Mitgetheilten wird hinlänglich hervorgehen, dass die Eiche bei dem Verluste ihrer Eichel nichts an Lebenskraft verliert, das Thier nichts bei der Zeugung, sondern dass in beiden Fällen nur gewisse Quantitäten des Stoffs des erzeugenden Körpers abgetreten werden, welche in sich die Fähigkeit besitzen, zuerst sich einiger Maassen zu entwickeln, bald darauf

Stoffe aufzunehmen, und mit diesen Stoffen auch gerade so viel Leben, wie sie nachher zeigen. Organische Stoffe besitzen, unabhängig davon, ob sie Keime oder Nahrungsstoff genannt werden, eigenthümliche Kräfte, welche in die vier Elemente, aus denen sie alle bestehen, niedergelegt sind.

II.

Anorganische, organische und organisirte Körper; Pflanzen und Thiere.

Die Naturkörper zerfallen gleichsam von selbst in zwei Hauptabtheilungen; in solche, welche gewisse Organe besitzen, durch welche bestimmte Functionen ausgeführt werden, und in solche, denen diese Organe abgehen; erstere nennt man *organisirte*, letztere *nicht organisirte* Körper. Die Stoffe, welche zu den nicht organisirten Körpern gehören, oder von denselben herrühren, nennt man *organische Stoffe,* während diejenigen, welche die nicht organisirten bilden helfen, *anorganische Stoffe* genannt werden.

Es ist leicht, bei den organisirten Körpern, in welchen die soeben genannten Organe in grosser Anzahl oder in hoher Entwicklung vorhanden sind, diese aufzuweisen. Ein Auge, ein Magen, eine Leber ist ein solches Werkzeug, ein solches Organ bei den sogenannten höheren Thierklassen; was man unter solchen Organen versteht, bedarf keiner langen Auseinandersetzung; sondern auch bei dem am wenigsten entwickelten Zustande organisirter Körper ist dies nicht zweifelhaft. Ein Organ heisst doch im Allgemeinen ein Werkzeug, durch welches eine gewisse Verrichtung vollführt wird, gleichgültig, ob diese Verrichtung sehr zusammengesetzt oder höchst einfach sei. Eine einfache Zelle ist ein solches Organ, dessen Verrichtung nur darin besteht, ihr selbst ähnliche Zellen zu erzeugen.

Diese Erzeugung neuer Körper ist einer eigenen Klasse von Naturprodukten eigenthümlich; diejenigen, welche dazu

die Organe besitzen, heissen organisirte Körper. Jedes dieser Organe hat seinen eigenen Zweck, indem sie aber ausserdem zu einem Ganzen verbunden sind, tragen sie mit dazu bei, das Ganze zu erhalten, demselben eine selbständige Existenz zu verleihen, gewisse Verrichtungen von sich ausgehen zu lassen, und so bilden sie die sogenannten lebenden Körper. Lebende Wesen sind also organisirt; organisirte Wesen leben; organisirte Körper haben gelebt oder sie leben noch. In allem, was nicht gelebt hat und nicht lebt, vermisst man solche Organe, die entweder dazu dienen, neue Stoffe zu entwickeln, oder gewisse Verrichtungen zu Stande zu bringen, und weil den nicht organisirten Körpern diese Werkzeuge fehlen, so fehlen ihnen auch die Aeusserungen, die Verrichtungen derselben.

Dies ist mit allen Mineralien der Fall. Ihre Zusammensetzung, wenn sie auch in der Form und Quantität der Grundstoffe noch so einfach sein mag, ist von der Art, dass die Masse, ohne von Aussen auf dieselbe einwirkende Ursachen, in dem Zustande, in welchem sie einmal verkehrt, verharrt. Das Ganze ist geordnet aus ruhenden Theilen zusammengesetzt, die in dieser Ruhe verharren, bis sie durch äusserliche Ursachen aus derselben aufgeweckt werden. Aber die ganze Reihe von Pflanzen und Thieren hat grade einen entgegengesetzten Charakter; Alles, was zu denselben gehört, befindet sich in einem Zustande fortdauernder Bewegung, bis Ursachen entstehen, durch welche diese Bewegung in Ruhe übergeht; in einem Zustande fortdauernden Stoffwechsels, der selbst dann noch fortdauert, wenn die Harmonie des Ganzen gestört, die selbständige Existenz des Individuums vernichtet ist; die ganze Reihe der Pflanzen und Thiere ist mit einer unzähligen Menge von Theilen versehen, welche entweder unaufhörlich im Zustande der Thätigkeit sind, oder in diesen von Zeit zu Zeit verkehren; einer Thätigkeit, deren erstes Resultat Stoffwechsel ist, während die folgenden durch sehr verschiedene Erscheinungen charakterisirt sind, welche wir sämmtlich unter dem allgemeinen Namen *Lebens-*

erscheinungen begreifen. Die regelmässige Aeusserung dieser Erscheinungen nennen wir *Gesundheit* dieser Körper; die gestörte — *Krankheit*, das gänzliche Aufhören derselben *Tod*, ihr Zusammenwirken zu einem gemeinschaftlichen Ziele, d. h. zunächst zur Erhaltung des Ganzen, *Leben*.

Die kleinsten Theile eines organisirten Körpers sind gewöhnlich solche kleine Werkzeuge oder Organe, deren sich zwar viele zu einem selbständigen Ganzen verbinden, um ein sogenanntes Werkzeug oder Organ (die Nieren z. B.) zusammenzusetzen; aber dieses selbständige Ganze besteht dennoch nur aus kleinen Werkzeugen, welche jedes für sich dazu mitwirken, dass die Verrichtung des grösseren Organs vollführt werde. So wie ein organisirtes Individuum aus Werkzeugen (Organen) besteht, so besteht ein Organ aus kleinen Organen, und so wie die Aeusserungen eines Individuums Resultate der zusammengesetzten Wirkung der Organe sind, so sind die Aesserungen eines Organs zusammengesetzte Wirkungen der kleinen Organe, durch welche das grosse Organ als ein selbständiges Ganze auftritt. Bei den meisten Organen ist also das Ganze die Summe der kleineren Organe, wie die Function, die Verrichtung der ersteren ein Concretum aller Functionen der letzteren zusammen ist. Die einfachste Form einer Lunge ist also eine mit einem Netz von Venen und Arterien überzogene Luftzelle; die einfachste Form einer Speicheldrüse, ein Körperchen, in welches von der einen Seite arterielles Blut eintritt, während der aus demselben abgesonderte Speichel auf einem anderen Wege aus demselben zum Vorschein kommt. In demselben Sinne ist die einfachste Form einer Pflanze eine Zelle, weil diese, unzählige Male genommen und in verschiedener Anordnung verbunden, die Körper darstellt, welche wir Pflanzen nennen.

Von der Grösse der Organe hängt es also durchaus nicht ab, ob ein Körper mehr oder weniger, ob er überhaupt organisirt ist oder nicht; die kleinsten Organe sind auch Organe; die kleinsten äussern sich durch bestimmte Verrichtungen,

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MÜNCHEN

durch Erscheinungen, welche nicht ganz, aber doch theilweise von äusseren Verhältnissen abhängig sind. In dem Verhältnisse indess, in welchem irgend ein Körper mehr jener Organe besitzt, deren jedes für sich, oder welche zu Gruppen verbunden, verschiedene Functionen vollführen, in dem Verhältnisse heisst der Gegenstand mit Recht *höher* organisirt. Es giebt in dieser Beziehung eine bewunderungswürdige Reihe von Körpern; einige sind höchst einfach, andere sehr zusammengesetzt in der Structur, in der Zahl der kleineren Organe oder der Gruppen derselben, und also auch in den Aeusserungen, in den Verrichtungen derselben. Die niedrigeren Pflanzenarten lieferen hierfür einerseits Beispiele, andererseits die höheren Thierklassen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass jedes Organ, oder jeder zusammensetzende Theil desselben, materiell von denen verschieden ist, deren Verrichtungen, deren Aeusserungen andere sind. Nicht nur im Stoff, sondern auch in der Form, in der Anordnung des Stoffs unterscheiden sie sich bei verschiedenen Verrichtungen von einander, ja sogar bei derselben Verrichtung in verschiedenen Klassen von Individuen. Daher rühren die unzähligen verschiedenen Produkte. Sie sind im Stande den von Aussen dem Individuum gebotenen Stoffen eine neue Anordnung ihrer Elemente zu geben, und so sind die Produkte derselben unzählig. Diese von den Organen gebildeten Stoffe nennt man *organische;* man nennt sie organisirt, wenn sie selbst Organe sind, oder Organe enthalten; dagegen organisch überhaupt, wenn sie Produkte von Organen sind. Organisirte Körper sind also auch organisch, organische Stoffe aber deshalb nicht immer organisirt.

Organische Stoffe, welche nicht organisirt sind, sind, was die Natur der Stoffe selbst betrifft, in keinem Punkte von den anorganischen verschieden; aber in der Anordnung der Theile sind sie sehr verschieden. Die Grundstoffe des organischen Reichs findet man auch ausserhalb desselben, und wo man dieselben trifft, sie sind überall dieselben, sie treten überall mit denselben Eigenschaften auf. Wenn aber diese Grundstoffe unter

bestimmten Verhältnissen verkehren, so gehen sie Verbindungen ein, welche von diesen Verhältnissen abhängig sind. Die in den Grundstoffen vorhandene Neigung zur Verbindung, welche *in denselben* und nicht *ausserhalb derselben* gesucht werden muss, welche von nichts Anderem abhängt als von den Grundkräften, welche in den Molecülen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs, Sauerstoffs verborgen sind, — diese Neigung zur Verbindung bringt, wenn sie zu einem bestimmten Grade gesteigert wird, unter dem Einflusse bestimmter Verhältnisse neue Körper hervor. Dieses allgemeine Gesetz, für welches die Chemie Tausende von Beispielen liefert, zeigt sich in der organischen Natur auf eine kräftige Weise. Kleine Temperatur-Unterschiede reichen hin, um aus denselben Grundstoffen in den chemischen Laboratorien ganz verschiedene Verbindungen zu bilden; die Gegenwart oder die Abwesenheit eines anderen Körpers und so viele andere Einzelnheiten haben in gewöhnlichen chemischen Experimenten den grössten Einfluss auf die Natur der Verbindung zweier oder mehrer Elemente.

Aus diesem allgemeinen Gesichtspunkt betrachtet, müssen verschiedene Organe aus denselben von aussen herbeigeführten Stoffen ganz verschiedene neue Verbindungen bilden. Fügt man nun zu der zahllosen Menge von verschiedenen Organen in Pflanzen und Thieren die Verschiedenheit der Stoffe, welche diesen von aussen her geboten werden, so wird es begreiflich, wie diese unabsehbare Reihe neuer Verbindungen entstehen muss, welche aus zwei, drei oder vier Grundstoffen in Pflanzen und Thieren gebildet werden, und in der Chemie verzeichnet sind. Kurz, aller Stoffwechsel im organischen Reiche ist ebenso wie im anorganischen eine Folge der Grundkräfte der Elemente und kann von nichts Anderem hergeleitet werden.

Die Natur dieser Produkte bestimmt also mehr oder weniger die Natur der Verrichtungen der genannten Organe. Aber es giebt noch vielerlei andere Aeusserungen dieser eigenthümlichen Organe, welche sich viel weiter als auf den blossen Stoffwechsel ausdehnen. Sehr viele Individuen besitzen die

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Fähigkeit, eine willkührliche Ortsbewegung vorzunehmen, und haben dazu eigene Organe, deren Stoffwechsel sich nur auf ihre eigene Erhaltung beschränkt (Muskeln); sie haben ein ganzes System von Organen, durch welches sie Stoffe von aussen aufnehmen, sie eine Zeit lang aufbewahren, theilweise verarbeiten und zur Bildung neuer organischer Substanzen verwenden können (Verdauungsorgane); sie besitzen eigenthümliche Apparate, durch welche gewisse Eindrücke von der Aussenwelt zu einem geistigen Wesen überbracht werden können, welches Empfindungsvermögen, ja sogar Bewusstsein besitzt (Sinnesorgane); zu einem Wesen, das nach bestimmten Regeln wählt, das urtheilt und Schlüsse zieht, das sich der früheren Zustände, in welchen es einmal verkehrte, erinnert, und sich neue Zustände schafft, als ob diese wirklich beständen; zu einem Wesen, das sich selbst bewusst ist, weshalb es ist, was es ist und was es werden muss; zu einem Wesen, das die Ursache von allem Bestehenden mehr oder weniger ergründen, und jedenfalls bewundern kann; das in sich ein schwaches Ebenbild der Gottheit, die Weltkörper wie Stäubchen beherrscht, erkennt; zu einem Wesen, das einen sittlichen Werth bekommen kann und deutlich den Unterschied zwischen Gutem und Bösem kennt; zu einem Wesen, das sich selbst bewusst ist, zur Unsterblichkeit erschaffen zu sein.

Bewunderungswürdige Schönheit der materiellen Welt! Auf der einen Grenze der organischen Natur steht der geistige Mensch, der eine Zeit lang einem Werkzeuge von göttlichem Bau, von vortrefflicher Zusammensetzung einwohnt; einer sittlichen Entwicklung fähig, die ihn mit der ganzen Natur und vielen ihrer Vorzüge vertraut macht; auf der anderen Grenze das kaum sichtbare Schimmelpflänzchen, von so einfacher Zusammensetzung, wie es für das Auge niedrig ist; an Organen so arm, wie die menschliche Hülle reich an denselben ist.

So leicht die an der äussersten Grenze stehenden Wesen von einander zu unterscheiden sind, so sehr ihre Verschieden-

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

heit in die Augen springt, indem sogar kaum eine Uebereinstimmung zu bemerken ist, so schwer ist der Unterschied zu erkennen, wenn man von der einen Seite hinab-, und von der anderen hinaufsteigt, und eine scharfe Grenzlinie zwischen Pflanzen und Thieren ziehen will. Das Resultat aller Untersuchungen, um diesen Unterschied zu vertheidigen oder zu bekämpfen ist dieses, dass die Formen der Individuen, welche den Uebergang von den Thieren zu den Pflanzen bilden, und an welche sich beide auf einander folgend anschliessen, nicht erlauben, sie zu einem von beiden zurückzuführen, so dass dieselben mit gleichem Rechte Pflanzen und Thiere genannt werden können.

Es giebt eine Annäherung der Stoffe, aus welchen Thiere und Pflanzen bestehen, eine unter gewissen Umständen eintretende Annäherung, die wahrhaft bemerkenswerth ist. Ich meine die Entstehung parasitischer Pflanzen auf Thieren. *Miquel* [1]) hat einen epizootischen Pilz, Isaria cycadae, beschrieben, und *Virey* [2]) hat eine Muscardine der Seidenraupe kennen gelehrt. Er hat später [3]) noch andere Beobachtungen aufgezeichnet, durch welche die Tinea lupinosa von *Guy de Chauliac* zu einer zur Familie der Mycodermata gehörigen Mucor-Art gebracht wird. In der Kruste, welche den behaarten Kopftheil der Kinder u. s. w. bedeckt, finden die Sporen dieser Pflanzengattung einen fruchtbaren Boden, dringen in die Haut ein und erhalten und nähren sich auf diese Weise; hierher gehören jene kleienähnlichen Schimmelarten, Mucores u. s. w., welche zu *Nees von Esenbeck's* Ordnung der Coniomycetes gebracht werden. Eine Menge flechtenartiger Hautausschläge gehören zu den pilzähnlichen Kryptogamen. *Meynier von Ornans* hat die Warzen der Menschen zu den Gynosporangen gebracht (?). Ob die Lungentuberkeln ein Lycoperdon, und der Krebs eine Uredo caries ist, ist schwer zu entscheiden.

[1]) Bulletin, 1838, p. 85.

[2]) Journal de Pharmacie 1838, p. 83.

[3]) Journal de Pharmacie, Novemb. 1841, p. 703.

Indem also Niemand zweifelhaft ist über die Charaktere, welche Eichen und Löwen zukommen, indem diese beide in der Seele einen Gesammteindruck hervorbringen, als eine Norm, nach welcher Pflanzen und Thiere auf ihre Klasse zurückgeführt, geprüft und bestimmt werden, hat die Natur doch Uebergangsformen dargestellt, welche keine bestimmte Classification zulassen.

Alle Versuche, eine scharfe Grenzlinie zwischen Pflanzen und Thieren zu ziehen, sind also fruchtlos. Zu den letzten Versuchen, welche hierzu gemacht wurden, gehören die von *Dumas* (Comptes rendus, 28. Nov. 1842). Dieser glaubt, dass folgende Unterscheidungen ein neues System ausmachen, und dass der mehrmals erwähnte Unterschied durch dieselben deutlich ausgedrückt wird.

Die Pflanze	Das Thier
bildet neutrale stickstoffhaltige Stoffe,	verzehrt neutrale stickstoffhaltige Stoffe,
„ Fette,	„ Fette,
„ Zuckerarten, Mehlstoffe,	„ Zuckerarten, Mehlstoffe,
„ Gummiarten;	„ Gummiarten;
zersetzt die Kohlensäure,	bildet Kohlensäure;
„ das Wasser,	„ Wasser,
„ Ammoniaksalze;	„ Ammoniaksalze;
entwickelt Sauerstoff;	absorbirt Sauerstoff;
absorbirt Wärme;	Bringt Wärme hervor,
„ Electricität;	„ Electricität;
ist ein Reductionsapparat;	ist ein Oxydationsapparat;
ist unbeweglich;	hat Ortsbewegung.

Man muss den Zustand der Wissenschaften nicht kennen, um alte, zusammengeschriebene Sachen für neu und das Obenstehende für wahr zu halten. Nicht ein einziger der genannten Charaktere kann die Probe bestehen, wie allgemein bekannt ist und aus dem Folgenden hervorgehen wird.

So wie die Pflanzen und Thiere durch keine scharfe Grenz-

linie von einander zu trennen sind, ebenso verhält es sich auch mit den anorganischen und organischen Körpern. Wenn die Organe ein Minimum von Function bekommen haben, so sind wir an den Grenzen der Körperreihen, deren am meisten zusammengesetzter Körper sich leicht von einem Steine unterscheiden lässt, deren einfachster Körper uns aber den Weg zur Kenntniss einer anderen Körperreihe bahnt, die, ganz von den äusseren Verhältnissen abhängig, unfähig ist, etwas Anderes als die gewöhnlichen, von der Materie unzertrennlichen Eigenschaften zuzeigen.

Die allgemeinen Aeusserungen organisirter und lebendiger Körper sind die Entwickelung und das Wachsthum, die Fortpflanzung und der Tod; diese den Thieren und Pflanzen gemeinschaftlich zukommenden Eigenschaften werden bei den Thieren vermehrt durch die Fähigkeit, äussere Eindrücke zu empfinden und sich willkührlich zu bewegen. *Schleiden* [1]) charakterisirt die Thiere mit Recht durch ein Streben des Organismus, das Leben zu einer möglichst hohen Stufe von individueller Absonderung zu entwickeln und dadurch ihre wichtigsten Organe nach innen zu verbergen, während das, was sich nach aussen zeigt, eine möglichst gleichförmige Oberfläche ist; die Pflanze trägt im Gegentheil ihre wichtigsten Organe auf der äusseren Fläche entwickelt sich sehr nach aussen und bietet ihre Vorzüge an ihrer Oberfläche dar.

Wenn einem Körper die den Thieren und Pflanzen gemeinschaftlich zukommenden Eigenschaften abgehen, so ist es entweder ein anorganischer oder ein todter organischer Körper. Die Nichtexistenz der Aeusserungen der vorhandenen Organe charakterisirt die letzteren, die ersteren dagegen der Mangel an Organen, welche unter irgend einem Verhältnisse Verrichtungen vollführen können oder konnten.

Die fast nur aus Eisenoxydkörnchen bestehenden Glied-

[1]) *Schleiden*, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, I, S. 29.

maasse von *Ehrenberg's* Gallionella ferruginea [1]) zeigen, dass der Uebergang von organischen zu anorganischen Körpern fast ebenso unmerkbar ist, wie der von Thieren zu Pflanzen.

Binaire, ternaire Verbindungen. Man hat geglaubt, zwischen organischen und anorganischen Körpern eine scharfe Grenzlinie ziehen zu können, wenn man annahm, dass in den ersteren ternaire und quaternaire, in den letzteren dagegen nur binaire Verbindungen vorkommen. Diese Grenzlinie ist nicht nur ganz willkührlich, sondern auch durchaus unchemisch. Wer gegenwärtig nur einiger Maassen mit der Chemie der organischen Natur bekannt ist, der weiss, dass schon eine Menge Radikale gefunden worden sind, und dass seit der Angabe des ersten Radikals der Name einer ternairen oder quaternairen Verbindung wegfiel. Aether besteht nicht aus $C^4H^{10}O$, sondern aus $C^4H^{10} + O$. Der Sauerstoff kann aus demselben entfernt und durch Schwefel, Chlor, Brom, Iod, Cyan vertreten werden. Es giebt ein Aethyl C^4H^{10}, das eine binaire Verbindung ist; diese verbindet sich mit Sauerstoff, Schwefel u. s. w., und bildet so eine andere binaire Verbindung. Unläugbar sind alle organische Körper auf ähnliche Weise zusammengesetzt, nur kennt man bei vielen die Radikale noch nicht; vor einigen wenigen Jahren kannte man kein einziges derselben; die Wissenschaft entdeckt immer mehre, und stellt es in Aussicht, dass jeder organische Stoff zu seinem Radikal zurückgeführt werden wird.

Wenn man einen Unterschied zwischen organischen und anorganischen chemischen Körpern machen will, so nehme man an, dass in den ersteren zusammengesetzte, in den letzteren einfache Radikale vorkommen; liegt aber dieser Unterschied in der Verschiedenheit des Naturreichs, oder liegt er in der Verschiedenheit des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs, des Stickstoffs? Die Antwort kann nicht zweifelhaft sein, da das organische Reich wohl durch die vier Grundstoffe, keinesweges aber die vier Grundstoffe durch das organische Reich gebildet werden.

[1]) *Schleiden*, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, I, S. 24.

Juxtaposition. Ein anderer wesentlicher Unterschied wird in der Art und Weise, auf welche organische und anorganische Körper entstehen, gesucht. In den anorganischen Stoffen nimmt man Juxtaposition, in den organischen Wachsthum, Entwicklung fester Substanz in irgend einem Theile an. Dieser Unterschied ist zunächst nicht ganz richtig; denn Hörner, Nägel und Haare, welche alle aus Proteinverbindungen gebildet werden, entstehen durch Juxtaposition. In Betreff der Haare hat Dr. *van Laer* dies unwidersprechlich bewiesen.

Allein wir wollen einmal diese Juxtaposition im organischen Reiche verfolgen. Wenn Gyps mit Wasser gemengt wird, und dies zu einer festen Masse wird, wo ist da jene Juxtaposition? Verhält es sich anders mit der Ablagerung der Knochensubstanz in den Knochenzellen? Breitet sich die Knochensubstanz der Schädelknochen nicht strahlenförmig von einem Centrum aus? Nehmen wir ein Beispiel aus dem Pflanzenreiche. Wie geht die Holzbildung vor sich? Ist es keine wahre Superposition, wenn sich gegen die Zellenwand Holzsubstanz in Schichten anlegt? Aber auch bei der gewöhnlichen Entwicklung eines Organs verhält es sich nicht anders. Die Materie durchdringt die Materie nicht; wenn einmal ein Keim eines Organs durch Juxtaposition entstanden ist, so kann der Umfang des Organs nicht zunehmen, ohne dass sich ein Theilchen *neben* ein anderes hinlagert, und dadurch das andere verschiebt; und hierin haben wir eine wahre Juxtaposition. Die in späterer Zeit so viel besser erkannte Entwicklung der Zellen bestätigt dies vollkommen [1]. Es besteht indess zwischen Kristallen und vielen organischen Körpern der Unterschied, dass man die zellenförmigen und faserigen Grundformen, welche man bei den letzteren findet, bei den ersteren vermisst; ebenso vermisst man die symmetrischen Formen in der organischen Natur; diese verschmäht

[1]) Vgl. *Schwann,* Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1829, S. 191. Siehe weiter unten.

dieselben ebenso, wie die anorganische Natur Zellen und Fasern verschmäht; denn man findet im Pflanzen- oder Thierkörper selten kristallinische Stoffe, und die Stoffe, welche sie enthalten und welche regelmässig kristallisiren können, sind in denselben gewöhnlich in einem sehr vertheilten und aufgelösten Zustande. Von dem schön kristallisirbaren Thein findet man weder im Kaffee noch im Thee eine Spur.

Fügt man hinzu, dass viele organische Körper, wenn sie nur in günstige Verhältnisse gebracht werden, Juxtaposition bekommen, z. B. die Weinsäure, Citronensäure u. s. w., das Morphin, Narcotin, viele Harze, der Kampher u. s. w. u. s. w., welche alle organische Substanzen sind, dann fällt der bestimmte Unterschied, den man in dieser Hinsicht zwischen der organischen und anorganischen Natur gemacht hat, hinweg. Zwischen organisirten und nicht organisirten Körpern lässt sich der Unterschied angeben, dass die ersteren in der Regel zellenförmig, die letzteren in der Regel kristallinisch sind, die ersteren eine Function vollführen, die letzteren nicht. Dass die Gründe dieses Unterschieds zu den Kräften zurückgebracht werden müssen, welche ursprünglich in den organischen Molecülen C H N O und in denen aller anderen Elemente liegen, das lässt sich nach dem oben Angeführten nicht anders denken. C H N O haben die Eigenthümlichkeiten, welche wir in tausendfachen Folgen derselben in der organischen Natur beobachten. Diese Elemente sind potenzirt, wenn dieses Wort in der Wissenschaft beibehalten werden soll.

Endlich besteht zwischen Pflanzen und Thieren, die beide durch die Zellenform der zusammensetzenden Organe charakterisirt sind, der wesentliche Unterschied, dass bei den Pflanzen die Grundsubstanz der Zellenmasse $C^{24} H^{42} O^{21}$ Cellulose ist, bei den Thieren aber $C^{13} H^{20} N^{4} O^{5}$, oder die beim Kochen Leim gebende Substanz, — ein Unterschied, von dem es, so viel wir wissen, bei keiner Pflanze und bei keinem Thier eine Ausnahme giebt.

III.

Die Atmosphäre in ihren Verhältnissen zur organischen Natur.

In der ganzen Natur sehen wir zwischen verschiedenen Wirkungen einen innigen Zusammenhang, so dass die eine gestört wird, wenn die andere vernichtet wird. Es ist eine einzige Kette da, an der kein Ring fehlen darf, wenn der Zusammenhang des Ganzen nicht gestört werden soll. Wenn das Wasser seine Fähigkeit zu verdunsten verlöre, so würde Alles, was auf der Erde lebt, sterben; wenn die Zusammensetzung der Atmosphäre plötzlich verändert würde, so würden bald Tausende von lebenden Wesen von der Oberfläche der Erde verschwinden. Hier unterstützen viele Ursachen einander, um eine Erscheinung hervorzubringen, einen Körper zu bilden; dort ist die Vernichtung des einen die erste Bedingung zur Entstehung des anderen.

Nichts befremdet bei einer oberflächlichen Betrachtung mehr, als jener Formenwechsel, jene Metamorphosen, welchen dieselbe Substanz unterworfen ist; nichts erweckt eine grössere Bewunderung, wenn man stets tiefer in dieses Naturgesetz eindringt, als der Umstand, dass nur die Form vergeht und der Stoff seine Gestalt ändert, selbst aber unvergänglich ist. Wir denken, beobachten, empfinden, reden mit einander mittelst eines Werkzeugs, das aus einer Masse von Elementen zusammengesetzt ist, aus Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Phosphor, Schwefel, aus Kalk, Bittererde, Eisen, Kochsalz, Kohlensäure und noch vielen anderen; allein diese Werkzeuge

haben nur eine kurze Zeit hindurch eine unveränderliche Existenz. Bei jedem Athemzuge verlieren wir etwas und nehmen wir etwas auf; die Hautausdünstung und alle Ausscheidungen unterstützen diesen Wechsel, und morgen sind wir nicht mehr dieselben wie heute; ja sogar nach einigen Augenblicken ist unser Körper nicht mehr derselbe.

Die organische Masse, welche wir menschlichen oder thierischen Körper nennen, ist ein Gewebe von Stoffen, welche wir durch bestimmte Oeffnungen in den Körper einführen. Was jetzt ein Theil des menschlichen Körpers ist, gehörte noch vor wenigen Tagen dem Körper eines Thieres an; was vor wenigen Tagen diesem Thiere angehörte, war vor einigen Wochen ein Bestandtheil von Pflanzen. Und was jetzt unsern menschlichen Körper darstellt, wird vielleicht innerhalb weniger Monate in Pflanzenstoff verwandelt.

Es ist dieses Werkzeug ein Theil der Atmosphäre und der Erdoberfläche, der nur auf eine kurze Zeit von denselben getrennt ist, um bald zu denselben zurückzukehren. Dann nähren sich sowohl die Pflanzen wie die Thiere von unserem materiellen Theil, und ein nach uns kommender Naturgenosse wird unzweifelhaft mit einem Theil des Stoffs seiner Vorfahren versehen.

So hat die Gottheit mit einer kleinen Stoffmenge, welche sie mit einigen Kräften ausgerüstet hat, tausendfache Zwecke in den auf einander folgenden Jahrhunderten zu erreichen gewusst, deren Erkenntniss das Ziel ist, das der Naturforscher erstrebt.

Es ist bekannt, dass die sparsame Natur hauptsächlich aus vier Grundstoffen alle organische Körper, welche wir beobachten, gebildet hat. Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff sind die Bestandtheile alles dessen, was lebt oder gelebt hat. Zu diesen kommen noch einige sogenannte anorganische Stoffe, um das organische Ganze zu vervollkommnen; allein aus den vier genannten Elementen hat die Natur die meisten organischen Theile gebildet. Es ist also wichtig, die Veränderungen zu verfolgen, welche in der Verbindung dieser vier Grundstoffe vor

sich gehen, wenn sie heute einmal die Substanz einer Pflanze, morgen wieder die eines Thiers bilden.

Von der anderen Seite ist es bekannt, dass die Thiere durch die Pflanzen ernährt werden, und dass die Pflanzen also die Körper sind, durch welche die Thiere an die Erdoberfläche gebunden sind. Aus diesem Gesichtspunkt betrachtet, müssen diese Körper, der duftende, farbige Theil der todten Erde, uns stets als höchst werthvoll erscheinen. Diejenigen, welche zur Nahrung verwandt werden, sind fürwahr der Zahl nach nicht viele. Der Mensch geniesst kaum ein Procent von denen, welche auf der Erde vorkommen; allein es ist eine unbestreitbar gewisse Regel, dass es ohne Pflanzen, die Infusorien etwa ausgenommen, keine Thiere auf der Erde geben würde.

Drittens ist es bekannt, dass der Prozess, den wir Fäulniss zu nennen pflegen, nichts Anderes ist, als die Veränderung der Form, unter welcher dieselbe Substanz verkehrt. Eine Substanz, welche dem Einflusse eines lebendigen Körpers unterworfen gewesen ist, hat eigenthümlich modificirte Kräfte, welche während des Lebens erweckt worden sind, die aber schlummernd bei der Substanz bleiben, wenn das Leben im Körper aufhört.

Die eigenthümlichen Verhältnisse, unter welchen diese Stoffe verkehrten, haben dieselben nach einem allgemeinen chemischen Gesetze auf eine eigenthümliche Weise geordnet und ergriffen. Wenn sie nun dem Einflusse dieser Verhältnisse entzogen werden, so kommen eine Menge elastischer Flüssigkeiten, tropfbar flüssiger und fester Stoffe zum Vorschein, welche zusammen *ebenso viele* und *solche* Stoffe darstellen, wie der früher lebende Theil. Da haben wir eine neue Folge der Kräfte, durch welche die Natur die organische Welt erhält. Ihre Vernichtung ist ihre Lebensader; ihr Leben selbst die Ursache ihrer Vernichtung. Wenn man in einem organischen Ganzen das Streben der zusammensetzenden Theile nach einem gemeinschaftlichen Ziel, die Erhaltung des Ganzen und so das Leben aufhören sieht, so wird unmittelbar neues Leben vorbe-

reitet. Die neuen Produkte mögen uns ekelhaft erscheinen; aber diese unreinen Körper tragen nichtsdestoweniger den Keim der schönsten Verbindungen in sich, welche bald nachher diese stinkenden Stoffe eingehen werden. Die schönste Pflanze ist nur aus hässlichen Körpern geworden, und der Mensch entlehnt seine Stoffe nur solchen Körpern, die ursprünglich hässlich sind.

Eine vierte Eigenthümlichkeit darf wohl auch als bekannt vorausgesetzt werden: nämlich die Bedeutung der schwarzen Erdrinde, welche den Planeten, den wir bewohnen, an vielen Stellen zur Dicke einiger Fusse umgiebt. Wenn man in der Vorstellung unserem Planeten diese schwarze Kruste nimmt, so hat man Vieles, was auf demselben lebt, im selben Augenblick vernichtet oder den schnellen Untergang desselben vorbereitet. Wo diese ist, da leben die Pflanzen gerne; wo sie nicht ist, da werden viele nicht oder nicht im gesunden Zustande gefunden. Sie ist der Standort der an die Erde gefesselten organischen Wesen; inwiefern sie dieselben ernährt, werden wir unten weiter auseinandersetzen.

Zu diesen vier Thatsachen setze ich endlich eine fünfte hinzu, welche jetzt genügend erwiesen ist: nämlich die Bedeutung jener flüchtigen Umhüllung der Erde, welche sich bis auf eine ansehnliche Entfernung von dem Planeten ausdehnt; die Bedeutung jenes Luftoceans, welcher in seiner Wuth Palläste niederreisst, und in seinen ruhigen Augenblicken Felsen zu Schlamm und Staub vertheilt; welcher stets auf die Vernichtung alles dessen ausgeht, was an todten Stoffen über die Erdoberfläche hervorragt, der aber zugleich Alles, was auf der Erde lebt, erhält. Alles, was lebt, bedarf des Einflusses jenes beweglichen Fluidums. Es ist der Nahrungsstoff für Thiere und Pflanzen; es führt mit den Stoffen in die organischen Körper Kräfte ein; es ist eine wahre Lebensquelle für Alles, was auf unserm Planeten Leben hat.

Wir blieben so eben bei einer der erhabensten Einrichtungen der materiellen Welt stehen, nämlich bei dem unendlichen Wechsel derselben Stoffe, welche, indem sie unter verschiede-

nen Formen auftreten, bald Bestandtheile der Atmosphäre unserer Erde oder der schwarzen Erdrinde, bald zusammensetzende Theile von Pflanzen und Thieren ausmachen.

Als allgemeines Gesetz erkannten wir, dass dieselbe Substanz zwar Tausende von Formen annehmen, zwar neue Verbindungen eingehen, keinesweges aber der Natur nach verändert werden kann, und dass die Natur mit denselben Stoffen in verschiedenen Zeiten einen ganz verschiedenen Zweck erreicht. Die Gegenstände, welche jetzt die Erde schmücken, werden, insoweit sie organisirt sind, bald vernichtet. Die Bestandtheile derselben treten bald auf eine ganz andere Weise mit einander verbunden unter neuen Formen auf, und zeigen sich in dieser Zwischenzeit als Bestandtheile der schwarzen Erdkruste und der Atmosphäre. Auf diese Weise sind dieselben Körper bald Stoffe, welche in der Atmosphäre schweben, welche die äussere Oberfläche der Erde bedecken, bald wieder Pflanzen und Thiere zusammensetzende Theile.

Es wird hierzu im Verhältnisse zur grossen Masse der Erde nur eine kleine Stoffmenge von der Natur verwandt. So üppig sie in der Erhaltung des Lebens scheint, so beschränkt sind die materiellen Mittel, welche dazu von ihr verwendet werden. Die Zahl der Thiere und Pflanzen, welche auf der Erde leben kann, kann kaum die gegenwärtige übersteigen, weil der zum Bestehen derselben erforderliche Stoff fehlen würde. Wenn die Anzahl der Thiere zunimmt, muss die der Pflanzen abnehmen; die ersteren bilden sich ja aus Bestandtheilen der letzteren; die dünne schwarze Erdrinde, die Bestandtheile der Thiere und der Pflanzen und kleine Beimengungen der Atmosphäre bilden den ganzen, auf der Erde vorhandenen Vorrath, der die lebenden, die organisirten Körper bilden und erhalten soll.

Wir wollen jetzt einen Blick auf die Atmosphäre werfen, und zwar in ihrer Beziehung zur organischen Natur; auf jene Umhüllung des von uns bewohnten Planeten, die den Alten unbekannt war, jetzt aber als eine Hauptquelle des Lebens und alles Lebendigen auf der Erde anerkannt wird.

Ich will dazu daran erinnern, wie die Atmosphäre zusammengesetzt ist, welchen Einfluss sie jetzt auf Pflanzen und Thiere hat, und welchen Einfluss diese auf die Atmosphäre haben; anderentheils, wie sie wahrscheinlich früher gewesen ist, und welchen Einfluss sie damals hatte, und endlich die jetzt bestehenden und in der Modification der Natur der Atmosphäre thätigen Ursachen betrachten, um aus diesen den wahrscheinlichen Zustand der Atmosphäre in Zeiten, welche nach uns kommen werden, zu erforschen, und aus diesem ihren Einfluss auf das, was leben wird, abzuleiten.

Wir kennen die Atmosphäre als eine unsichtbare, sehr bewegliche Umhüllung des Planeten, welche sich bis in eine weite Entfernung von demselben ausdehnt, und jeden Raum, der von anderen Stoffen leer gelassen wird, gerne ausfüllt. Indem sie durch allgemeine und besondere Ursachen fortwährend in Bewegung versetzt wird, bildet sie ein vollkommen gleichartiges Gemenge einiger wenigen Substanzen als Hauptstoff; sie ist aber zugleich der Ort, an dem sich alle flüchtige Bestandtheile, alle Ausdünstungen der Erdoberfläche anhäufen. Die Bewegungsursachen dieser flüchtigen Umhüllung der Erde gehören zu den schönsten, welche das forschende Auge in der Natur entdeckt hat. Ohne diese Bewegung würde ja jede Störung in der Zusammensetzung unserer Atmosphäre, für das Leben der Pflanzen und Thiere verpestend werden müssen, jeder organisirte Körper würde eine eigene Atmosphäre bekommen, das Nützliche in derselben verbrauchen, das Nutzlose zurücklassen, und so bald Alles das entbehren, was nicht zu seiner unmittelbaren Umgebung gehört. Wir wollen uns eine bewegungslose Atmosphäre denken, in welcher auf eine für jeden organisirten Körper verschiedene Weise genommen und gegeben würde: Alles, was jetzt lebt, würde da innerhalb weniger Tage von der Erdoberfläche verwüstet und vertilgt sein. Es ist also eine weise, unschätzbare Einrichtung, dass diese Atmosphäre durch tausend Ursachen in unaufhaltsamer Bewegung begriffen ist. Was dem einen organisirten Körper schadet, ist dem anderen

unentbehrlich; was der eine von seinem Ueberflusse abtritt, wird vom anderen nützlich verwendet; was hier in reichlichem Maasse entwickelt wird und schädlich sein würde, wird durch die unendliche Vertheilung, durch die Bewegungen der Atmosphäre unschädlich gemacht.

Ich lenke vorsätzlich die Aufmerksamkeit auf diese unaufhörliche Bewegung, in welcher die Atmosphäre durch die verschiedene Temperatur und andere Ursachen versetzt ist, weil darin der direkte Beweis liegt, dass die Atmosphäre, wie sie auch immer zusammengesetzt sein mag, was immerhin in derselben genommen oder gegeben werden möge, nur ein gleichförmiges Gemenge sein kann, und auf der ganzen Oberfläche der Erde und in jeder Höhe überall dieselben Bestandtheile enthalten muss. Die unmittelbare Folge dieser schönen Einrichtung der Natur ist, dass alle organisirte Wesen der Erdoberfläche, unabhängig von ihrem Wohnorte, in Hinsicht der Atmosphäre denselben Einflüssen ausgesetzt sind.

Die Hauptbestandtheile der Atmosphäre sind der Zahl nach vier: Sauerstoff und Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdunst; die beiden letzteren wechseln je nach den Verhältnissen in der Quantität auf eine für die Beobachtung wahrnehmbare Weise; die ersteren auf eine Weise, welche jetzt der Beobachtung entgeht. Die relativen Mengen dieser sind, wie man weiss, 21 auf 79, während die Kohlensäure im Mittel zu einem halben Tausendtel, der Wasserdunst in einer sehr veränderlichen Menge in der Atmosphäre angetroffen wird.

Zu diesen allgemeinen Bestandtheilen der Atmosphäre fügen sich tausend andere. Flüchtige Exhalationen der organisirten Welt, Produkte der Feuerschlünde der Erdoberfläche, der künstlichen Verbrennung der Brennstoffe, aus Minen entweichende elastische Fluida, Dämpfe von flüchtig werdenden festen Körpern, hundert ätherische Oele der wohlriechenden Pflanzen, faulende, flüchtige Produkte von sich zersetzenden thierischen und pflanzlichen Körpern, die Salzsäure der untiefen salzigen Gewässer, Ausdünstungen von Menschen und Thieren, eine un-

zählige Menge verdunstender Stoffe, die von den verschiedenen Fabricationen der Menschen herrühren, und endlich die flüchtigen Produkte aller thierischen, lebenden Wesen, sind ebenso viele Quellen der Verunreinigung der Atmosphäre, welche ihre Zusammensetzung auf tausendfache Weise veränderlich machen.

Eine einzelne wirkende Ursache, eine der schönsten, die wir kennen, vernichtet die Existenz aller dieser unzähligen Stoffe aus der Atmosphäre; eine Ursache, welche über die ganze Erde dieselbe ist, aus derselben Quelle entspringt und auf dasselbe Ziel hinarbeitet; eine Ursache, welche in ihren Folgen so erhaben ist, wie sie einfach ist in ihrer Natur; eine Ursache, welche nur von der Weisheit gefunden werden konnte, welche mit *einem* Mittel unzählige Zwecke zu erreichen weiss; die Regengüsse nehmen in ihrem Strome Alles mit, was in der Atmosphäre schwebt und nicht zu ihren wesentlichen Bestandtheilen gehört, führen wieder zur Erde, was von der Erde herstammt, und indem sie die Atmosphäre von schädlichen Beimengungen reinigen, bringen sie die tausendfachen flüchtigen, soeben genannten Substanzen mit der Erdrinde in Berührung, wo sie überflüssige Gelegenheit finden, um mit den in derselben vorhandenen Stoffen Verbindungen einzugehen.

Diese von allen fremdartigen Beimengungen durch den Regen gereinigte und durch die Luftströme in unaufhörliche Bewegung versetzte Atmosphäre ist ein gleichartiges Gemenge von vier Substanzen. Wir wollen in der Kürze untersuchen, auf welche Weise diese genau erforscht werden können.

Die Methode zur Bestimmung der Zusammensetzung der Atmosphäre erstreckt sich auf die genaue Erforschung des Gemenges von Stickstoff und Sauerstoff, als den zwei Hauptbestandtheilen derselben, und von dem Gehalt an Kohlensäure und Wasserdunst.

Was das Erstere, die Bestimmung des Sauerstoff- und Stickstoff-Gehaltes betrifft, so ist es noch nicht lange her, dass man über diesen die ersten Versuche gemacht hat; *Lavoisier* gebrauchte zuerst die Wage, allein er gebrauchte sie nur we-

nig; bei der Festsetzung des Kilogramms am Ende des vorigen Jahrhunderts wurde es von der dazu berufenen Commission zu Paris als eine Merkwürdigkeit verzeichnet, dass der Mechaniker *Fortin* eine Wage verfertigt hatte, welche gegen 1 Milligramm empfindlich war. Die ganze Kunst zu messen und zu wiegen ist kaum sechszig Jahre alt. Die genauere Bestimmung der Zusammensetzung der Atmosphäre kann also nicht älter sein.

Ausser einigen älteren Versuchen von *Scheele, Priestley, Cavendish, Horace Benedict de Saussure,* sind es besonders die von *Volta, De Marti, Spallanzani, Berger, Configliachi, Dalton, Humphry* und *Edmund Davy, Biot, Gay-Lussac, von Humboldt, Brunner, Theodore de Saussure, Verver* und *Dumas*, welche die Zusammensetzung der Atmosphäre bestimmt haben.

Zuerst glaubte man, dass diese Zusammensetzung veränderlich sei. Man erfand bestimmte Instrumente, um den Sauerstoffgehalt der Luft zu bestimmen. Je grösser dieser war, für desto geeigneter hielt man die Luft zur Respiration. Deshalb nannte man diese Instrumente *Eudiometer*, Tauglichkeitsmesser der Luft.

Die Veränderlichkeit des Gemenges wurde erst 1804 von *von Humboldt* und *Gay-Lussac* bestimmt, indem sie in den Monaten November und December, sowohl bei trocknem, als bei feuchtem oder regnerischem Wetter, und bei verschiedenen Winden, die Luft von Paris über der Seine auffingen, und mit dem Eudiometer der Untersuchung unterwarfen. Aus 29 an 29 verschiedenen Tagen angestellten Versuchen ging hervor, dass die grösste Sauerstoffmenge 21,2, die kleinste 20,9 sei, und dass dies Maximum und Minimum also innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler läge.

Seitdem Männer wie *von Humboldt* und *Gay-Lussac* eine constante Zusammensetzung der Atmosphäre fanden, d. h. die von 21 Sauerstoff auf 79 Stickstoff, hat Niemand dieselbe jemals bezweifelt, und die Eudiometer dienen jetzt nicht mehr dazu, die Tauglichkeit der Luft zu bestimmen, sondern Anderen den unveränderlichen Sauerstoffgehalt der Luft zu zeigen.

Dreissig Jahre später hat *Theodore de Saussure* auf eine ganz verschiedene Weise in der Nähe von Genf und in Genf selbst die Luft untersucht. Er bediente sich dazu fein vertheilten Bleis und des Wassers, welches er mit der zu untersuchenden Luft schüttelte, — eine Methode, welche vor wenigen Jahren mit Unrecht zu London befolgt wurde, um Bleiweiss zu bereiten.

Durch dieses Schütteln der Luft mit feuchtem Blei verband *de Saussure* den Sauerstoff der Luft mit dem Metall, und behielt so nur den Stickstoff zurück. Aus *de Saussure's* Versuchen, welche mit Luft, die über dem Genfer-See und zu Chambeisy aufgefangen war, angestellt wurden, ging hervor, dass bei sehr verschiedenen Winden und sehr verschiedener Witterung als Minimum 20, 98, und als Maximum 21, 15 Sauerstoff gefunden wird; als Mittel aus vielen Versuchen 21, 05.

Dieselben Resultate erhielt *Gay-Lussac*, der von seiner Luftreise, aus einer Höhe von 21,430 Fuss, Luft mitbrachte; ebenso *von Humboldt*, der von dem Antisana, einem 16,640 Fuss hohen Berge, Luft analysirt hat; ebenso *Gay-Lussac* und *von Humboldt* von dem 6170 Fuss hohen Mont-Cenis, und *Configliachi* von dem 8130 Fuss hohen Legnone. Endlich hat *Dumas* neuerdings dieselben Resultate bestätigt, indem er Luft über glühendes Kupfer streichen liess, und den Sauerstoff auffing.

Nicht nur reine, sondern auch unreine Luft gab, nach Abzug und Entfernung der fremden Beimengungen, für das zurückbleibende Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff das Verhältniss von 21 zu 79. *Configliachi* untersuchte z. B. die Luft über Reisfeldern, *Séguin*, *Gay-Lussac* und *von Humboldt* die Luft aus einem mit Menschen angefüllten Theater zu Paris, *E. Davy* aus Krankenhäusern, *Th. de Saussure* des Morgens aus einem Schlafzimmer. Alle diese Luftarten zeigten in dem Sauerstoff-und-Stickstoffgehalt keine Verschiedenheit, wenn die fremden Beimengungen zuvor entfernt wurden.

Sollen wir hieraus schliessen, dass die Menge des Sauerstoffs und Stickstoffs gar nicht wechselt? Durchaus nicht, sondern

nur, dass der bestehende Wechsel nicht im Bereiche der Beobachtung liegt; dass die störenden Ursachen nicht so mächtig sind, wie diejenigen, welche die Verschiedenheit ausgleichen; dass der Luftzug in verschlossenen Zimmern viel zu schnell das gestörte Gleichgewicht wiederherstellt, um dies beobachten zu lassen; dass in der freien Luft die Winde schnell wieder ergänzen, was durch verschiedene Verhältnisse an Sauerstoff genommen sein mag.

Die Menge desselben ist auch erstaunlich gross. Wenn wir die Höhe der Atmosphäre auf eine geographische Meile, d. h. auf 22,843 Fuss annehmen, und bedenken dass der Halbmesser der Erde 860 solcher Meilen zählt, so ist das Volumen der Luft 9, 307,500 Kubik-Meilen, d. h. ein Würfel, dessen Seite gleich 210 Meilen ist, so dass bei 21% Sauerstoff die Erde von einer Menge dieses Gases umgeben wird, welche einem Kubus, der eine Seite von 125 Meilen hat, gleich ist; — eine Menge, welche in der That erstaunlich gross genannt werden muss, und in der kleine störende Ursachen für uns nicht wahrnehmbar sind. (Poggendorf, in seinem Handwörterbuch I, S. 562.)

Der Kohlensäuregehalt der Luft ist ziemlich constant. Er ist auf verschiedene Weise bestimmt worden. *Dalton* schüttelte ein Volumen Luft mit Kalkwasser und wog darauf den dadurch gebildeten kohlensauren Kalk. *Thénard* bediente sich auf dieselbe Weise des Barytwassers. *Théod. de Saussure* nahm dazu ein kleines, mit Barytwasser gefülltes Fläschchen, und hing dies in einen mit Luft erfüllten Ballon. *Brunner* endlich trieb vermittelst eines Adspirators die Luft durch Schwefelsäure, feuchten Kalk und wieder durch Schwefelsäure, und wog die beiden letzten in Apparaten enthaltenen Stoffe.

De Saussure hat 1827 und 1829 225 Versuche angestellt, um den Kohlensäuregehalt der Luft zu bestimmen. Als mittleres Resultat für die Luft von Chambeisy, einem in der Nähe von Genf liegenden Dörflein, fand er aus 104 Versuchen für den Kohlensäuregehalt von 10,000 Luft 4,15; als Minimum 3, 15; als Maximum 5,74. Dieser Unterschied fällt also nicht

auf Versuchsfehler. *De Saussure* fand weiter, dass die Luft bei Tage weniger Kohlensäure enthielt als des Nachts; im Mittel fand er bei Tage 3,38, bei Nacht 4,32; das Maximum war bei Tage 5, 4, bei Nacht 5, 74. Bei schwachen Winden fand er mitten am Tage den Kohlensäuregehalt kleiner als bei starken; nämlich bei schwachen 3,76, bei starken 3,98. Starke Regen verminderten die Menge der Kohlensäure nicht so bedeutend wie anhaltende schwächere. Ueber cultivirtem Boden war der Gehalt grösser als über dem Genfer-See. Für Chambeisy fand er 4,60, wenn die Luft über dem Genfer-See 4,39 gab. Aus dreissig zu gleicher Zeit in Chambeisy und in einer Strasse von Genf angestellten Versuchen fand er für die Luft bei Genf 4,37, in der Stadt 4,68, und hier also einen grösseren Kohlensäuregehalt. Endlich fand er, dass die Luft auf Bergen etwas mehr Kohlensäure enthielt, als in den niedrigeren Regionen der Atmosphäre; dieser Unterschied war indess nur klein.

Dieselben Versuche sind von *Verver* nach *Brunner's* Methode wiederholt, und die Resultate von *de Saussure* sind bestätigt worden.

Es ist hier die Stelle, um von dem Ammoniakgehalt der Atmosphäre zu reden, welchem *Liebig* (Agriculturchemie, fünfte Ausgabe, S. 54 und folg.) für das Wachsthum der Pflanzen eine so grosse Wichtigkeit zuschreibt. Nicht selten werden im Regenwasser Spuren von Ammoniak gefunden; ihre Menge ist nur so gering, dass *Liebig* selbst aus vielen Hundert Pfunden Wasser nur Spuren hat sammeln können. Ich habe anderwärts (Scheik. onderz. Deel II, p. 78) gezeigt, dass die Pflanzen unmöglich von dorther ihren Stickstoff bekommen können; dass der Ammoniakgehalt der Atmosphäre von äusserst geringer Bedeutung ist, und dass derselbe in der That hinsichtlich der organischen Natur keine höhere Stelle einnehmen kann als viele andere sehr kleine Beimengungen der Atmosphäre, deren Anzahl sich in der That nicht angeben lässt. Insoweit derselbe aber von einiger Bedeutung sein kann, werde ich bei der Betrachtung der Ackererde auf denselben zurück-

kommen. Hier sei es genug, wenn wir bemerken, dass die Atmosphäre nur eine bis jetzt unwägbare Menge Ammoniak enthält, und dass diese für die organische Natur von einer sehr untergeordneten Bedeutung ist.

Der Wassergehalt der Atmosphäre ist zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen ausserordentlich verschieden und ausserdem von dem Wärmegrade der Luft und des von der Erde verdunstenden Wassers abhängig. Indem die Luft hier mit grossen Wasserflächen, welche immerfort verdunsten, anderswo mit dürrem trocknem Boden in Berührung ist, so muss dieser Unterschied sehr gross sein, da durch die stets aufsteigenden Luftströmungen aus den in der Luft verbreiteten Dünsten Wolken gebildet werden, welche Dünste sich für verschiedene Breiten der Erde in einer Höhe von 5000 — 1200 Meter in der Atmosphäre befinden. Indem sich diese Dünste erheben, wird die Atmosphäre in ihren niederen Theilen von Wasserdunst befreit, und von der Quelle dieser Dünste, von der Temperatur jener verdunstenden Flüssigkeit, von der Temperatur der Luft, von den Winden und noch vielen anderen Gründen ist also die Menge dieses Wasserdunstes abhängig. Vollkommen trocken ist kein Theil der Atmosphäre, ebensowenig wie irgend ein Theil ganz frei von Kohlensäure ist. Einigen Stoffen hängt diese Feuchtigkeit hartnäckig an; andere absorbiren immer mehr von derselben und zerfliessen; andere werden durch dieselbe in ihrer Natur verändert. Das Rosten der Metalle z. B. ist eine Folge der verbundenen Wirkung der Feuchtigkeit der Atmosphäre, ihrer Kohlensäure und ihres Sauerstoffs. Kurz, der Wassergehalt der Atmosphäre ist eine für die Kenntniss der Eigenthümlichkeiten der Atmosphäre wichtige Thatsache.

Die Menge des Wasserdunstes ist von *Verver* für Holland bestimmt. In 1000 Theilen Luft fand er als Minimum 5,8, als Maximum 10,18 Theile Wasserdunst; das Minimum fand er am 24. August um 10 Uhr Morgens, das Maximum am 4. Mai um halb zwölf, als Mittel aus 50 Beobachtungen in den Monaten Mai, August und September 8,47, und von Morgens früh bis um

10 Uhr Vormittags 7,97, von 10 Uhr an bis um 2 Uhr Nachmittags 8,58, und von 2 Uhr an bis zum Abend 8,85. (Bulletin 1840, p. 191.)

Boussingault, Verver und Andere haben endlich noch die Gegenwart anderer Substanzen, welche Wasserstoff und Kohlenstoff enthalten, in der Atmosphäre nachgewiesen. *Boussingault* und *Verver* haben nämlich trockne und von Kohlensäure befreite atmosphärische Luft über glühendes Kupfer geleitet und so etwas Wasser und Kohlensäure bekommen.

Auf welche Weise nun dieser Wasserstoff und Kohlenstoff in der Luft vorhanden sind, lässt sich nicht bestimmen; sie können als Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas und als Kohlenoxydgas, aber auch als flüchtige organische Körper in der Luft zugegen sein; hierüber ist noch nichts mit Sicherheit bekannt, und diese Versuche können es nicht entscheiden. Soviel indess ist gewiss, dass die Bestandtheile der organischen Körper, bevor sie zu ihren innigsten Verbindungen zurückgeführt sind, eine Menge von Zwischenstufen durchlaufen und feste, tropfbarflüssige, aber auch flüchtige Produkte liefern können und wirklich an die Atmosphäre abgeben; dass also bei jeder Art der Fäulniss eigene flüchtige Stoffe in der Atmosphäre verbreitet werden, welche die vier organischen Grundstoffe in verschiedenen Verbindungen enthalten können. Ferner, dass bei einer Menge von Krankheiten, z. B. Hautausschlägen u. a., flüchtige Stoffe von den Kranken ausgestossen und in der Atmosphäre verbreitet werden [1]; dass von einer Menge fester Körper, bei der gewöhnlichen Temperatur oder bei erhöhtem Wärmegrade, Theile als Dämpfe abgestossen und der Atmosphäre mitgetheilt werden, so wie z. B. von Kali, Natron, ja sogar von

[1]) Man vergleiche hierüber die ausgearbeitete Abhandlung von *J. van Geuns*, Natuur- en Geneesk. beschouwingen van moerassen en moerasziekten. Amsterdam, 1839. Man sehe weiter: Verh. over de wateren en lucht van Amsterdam, bl. 163.

Eisen, welches in Hochöfen sublimirt, und dass also nicht nur C H N und O enthaltende Stoffe in der Atmosphäre vorkommen müssen, sondern ausserdem noch eine Menge anderer, deren Untersuchung in der That wichtig sein würde, welche aber jetzt für unseren Zweck übergangen werden können.

Als allgemeines Resultat dieser kurzen Aufzählung der die Atmosphäre zusammensetzenden Theile dürfen wir also festsetzen, dass ausser einer unzähligen Menge zufälliger Beimengungen, welche durch den Regen zur Erde geführt werden, die Hauptbestandtheile der Atmosphäre folgende sind: ein für unsere Beobachtung scheinbar constantes Gemenge von 21 Theilen Sauerstoff und 79 Theilen Stickstoff im Volumen, eine veränderliche Menge Wasserdampf und ein Kohlensäuregehalt, der im Mittel ein halbes Tausendtel beträgt.

Es giebt zwei grosse störende Ursachen, welche unaufhörlich darauf ausgehen, den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre zu verminderen: nämlich die Respiration der Thiere und die Verbrennung. Durch diese werden erstaunliche Massen Sauerstoff verbraucht und in Kohlensäure verwandelt. In wiefern dadurch die Zusammensetzung der Atmosphäre modificirt werden könne, wird später angegeben werden; hier bemerken wir nur, dass diesen beiden störenden Ursachen eine andere gegenübersteht, durch welche das Gleichgewicht, wenn es aufgehoben würde, wieder hergestellt werden kann: nämlich die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen und die Sauerstoffausscheidung an ihren grünen Theilen. Diese Zersetzung ist eine der wichtigsten, welche es giebt. Während die grossen Thiere durch ihre Respiration unaufhörlich Sauerstoff aus der Atmosphäre in Kohlensäure verwandeln, verwandeln die Pflanzen umgekehrt Kohlensäure in Sauerstoff, und zwar bei den Metamorphosen der aufgenommenen Nahrungsstoffe, unter welchen die Kohlensäure eine wichtige Stelle einnimmt, durch eine allmälige Verwandlung derselben in sauerstoffarme oder sauerstofffreie Stoffe, und sie scheiden an den grünen Theilen und anderswo Sauerstoff aus. Im Verhältnisse der Atmosphäre sind

also die grossen Thiere und die Pflanzen einander entgegengesetzt; über die Function beider in dieser Hinsicht werden wir später reden.

Zu dieser allgemeinen Ursache der Wiederherstellung des durch die Respiration und Verbrennung gestörten Gleichgewichts durch die Pflanzen fügt sich noch eine zweite, nicht weniger wichtige, wenn sie auch keinen so mächtigen Einfluss ausübt wie die Verrichtung der grünen Pflanzentheile. Vor einiger Zeit nämlich [1]) hat *Morren* die interessante Beobachtung gemacht, dass nicht nur die Pflanzen, sondern auch einige Thierarten von einfacher Structur Sauerstoff geben, wenn sie von der Sonne beschienen werden. Indem er eine Menge Analysen des in verschiedenen Wasserarten eingeschlossenen Gases anstellte, von Brunnen, stehenden und sumpfigen Gewässern, ergab es sich, dass diese letzteren, in welchen er einen grünlichen, fein vertheilten Stoff fand, ausserordentlich viel Sauerstoff entwickelten, so dass nach seiner Berechnung eine Wassermenge von 8000 Kubikfuss, unter günstigen Verhältnissen, an einem Tage 128 Kubikfuss Sauerstoff an die Atmosphäre abgab. Diese Sauerstoffentwicklung war vom Sonnenlichte abhängig, und erreichte an einem heiteren Sommertage um 4 bis 5 Uhr Nachmittags ihr Maximum. Ein schwarzes Tuch verminderte die Entwicklung, wenn sie am stärksten war, bedeutend. Die grösste Sauerstoffmenge, welche in 100 Theilen im Wasser eingeschlossener Luft enthalten war, fand er 61, die kleinste 16 bis 17. — Die grüne Materie, welcher er die Sauerstoffentwicklung zuschreiben musste, bestand, wie sich unter dem Mikroskope zeigte, grösstentheils aus Enchelis monadina virescens von *Bory de St. Vincent*, und diese war hier und da mit *Müller's* Enchelis pulvisculus viridis vermengt, aus kleinen Monaden, also aus Thierchen, welche dieselbe Function verrichten wie die Pflanzen gewöhnlich.

Die geringere Sauerstoffmenge bei Nacht und die grössere

[1]) Annales de Chimie et de Physique, Avril 1841 und Bibl. Universelle, Novembre 1841, p. 386.

bei Tage, welche stets von der Menge dieser grünen Thierchen im Wasser abhängig war, brachte *Morren* zu dem Schlusse, dass sie die Kohlensäure des Wassers zersetzen, den Kohlenstoff zurückhalten und sich mit diesem ebenso wie die Pflanzen ernähren, weshalb ihre chemische Zusammensetzung der der Pflanzen ähnlicher sein muss.

Aus anderen nicht grünen, sondern rothen mikroskopischen Thierchen erhielt *Morren* dasselbe Resultat, obgleich die von denselben entwickelte Sauerstoffmenge im Maximum nur 47% betrug. Diese Thierchen waren *Ehrenberg's* Trachelomonas volvocina von einer schönen purpurrothen Farbe. Die grüne Farbe der ersteren steht also mit der entwickelten Sauerstoffmenge in keinem Zusammenhang; der Unterschied zwischen den von beiden Thierarten erhaltenen Sauerstoffmengen muss zufälligen Ursachen zugeschrieben werden.

Hierin ist also eine neue Reinigungsquelle der Atmosphäre entdeckt. Nicht nur die Pflanzen zersetzen die Kohlensäure, sondern auch jene zahllose Menge von Infusorien, welche man in stehenden Gewässern findet, unterstützt die Pflanzen in ihrer Fähigkeit, Kohlensäure zu zersetzen und an die Stelle derselben Sauerstoff zu liefern.

Es steht beinahe fest, dass die Atmosphäre immer ungefähr dieselben Bestandtheile hatte, die wir jetzt in derselben antreffen. Ich meine hiermit nicht den Zustand in einer früheren Periode der Erde, sondern den, in welchem sie nach den grossen Umwälzungen auf ihrer Oberfläche, besonders nach der Verbreitung der Menschen auf derselben, gewesen ist. Die Zeit, in welcher man eudiometrische Versuche, d. h. Bestimmungen des Sauerstoff- und Stickstoffgehalts der Luft gemacht hat, ist noch viel zu kurz, um hierüber etwas Zuverlässiges anzugeben; aber es giebt doch andere Gründe, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit zu dem Schlusse führen, dass das Verhältniss zwischen Sauerstoff und Stickstoff, welches wir jetzt kennen, so alt ist wie der jetzige Zustand der Erde, oder doch nie sehr verschieden gewesen sein muss; während es ebenso wahrscheinlich

ist, dass vor jener Zeit die Atmosphäre von der jetzigen durchaus verschieden war.

Es ist unläugbar, dass die Pflanzen die von den Thieren und bei der Verbrennung in der Atmosphäre entwickelte Kohlensäure zersetzen. Sie zersetzen so viel Kohlensäure, wie ihnen dargeboten wird, und scheiden dafür Sauerstoff aus; mehr können sie nicht zersetzen. Von der Menge der Kohlensäure in der Atmosphäre hängt also die Vegetation, die Zahl der Pflanzen ab; umgekehrt von der Zahl der Pflanzen die Sauerstoffmenge, welche aus zersetzter Kohlensäure frei wird, und somit das Leben der Thiere.

Es giebt Pflanzen, welche ohne irgend eine Nahrung, ausser einigen organischen Salzen und Basen, dem Boden zu entlehnen, nur auf Kosten der Atmosphäre leben. Dahin gehören unter anderen die Flechten (Lichenes), Moose (Musci), welche kahle Felsen bedecken, an unzugänglichen Stellen wachsen, wo nie irgend eine Menschenhand etwas veränderte, und wo die Natur nichts hingelegt hat. Dahin gehören weiter viele phanerogamische Gewächse, die sogenannten Fettpflanzen (plantes grasses), sehr viele Cacteën, Euphorbia-Arten, Sempervivum u. s. w. und viele falsche Parasitenpflanzen, welche, mit ihren eigenthümlichen Wurzeln an Baumstämme und Zweige geheftet, ihrer Unterlage keine Nahrung entziehen. (Miquel [1].)

Wie die Keime der Flechten und Moose zuerst entstanden, oder ursprünglich an ihren jetzigen Standort hingekommen sind, lässt sich nicht entscheiden. Es ist genug, dass sie da sind und auf Kosten der Bestandtheile der Atmosphäre wachsen.

Eine solche Vegetation muss nothwendig der jetzigen vorausgegangen sein; denn einmal war die Ackererde nicht vorhanden, sondern ihre Bestandtheile waren, wie die der Pflanzen und Thiere, Bestandtheile der Atmosphäre.

Die ersten Gewächse, welche sich auf der Erde entwickel-

[1]) Bulletin 1838, p. 86, Pl. 1, Fig. B.

ten und jetzt nicht mehr leben, sondern nur aus ihren Ueberresten durch die Geologie genau bestimmt werden, werden keinen Humus vorgefunden haben, und mussten also ihre organischen Bestandtheile aus der Atmosphäre schöpfen. Man findet unter denselben riesenhafte Formen, deren Bau mit der jetzt lebenden Vegetation so sehr übereinstimmt, dass man es für ausgemacht halten kann, dass auch die Function der Ernährung keinen anderen Gesetzen folgte, als denen, welche wir für die jetzige Vegetation kennen. Auf den dürren Felsen müssen damals (in der Vorzeit) riesenhafte Equisetaceën, Lycopodiaceën, Baumfarren, Tannen gestanden haben [1]).

Die Pflanzen, welche jetzt auf Kosten der Atmosphäre leben, brauchen Kohlensäure, Wasser und Stickstoff, welcher letztere sich unter später zu erwähnenden Verhältnissen, unter Wasserzersetzung in Ammoniak verwandelt. (Vgl. Ackererde.) So erhalten sie Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, und finden in diesen alle ihre Nahrung; mehr kann die Atmosphäre nicht liefern, und da sie von nichts Anderem leben, als von Kohlensäure, Wasser und in Ammoniak verwandeltem Stickstoff, so müssen sie alle denselben eigenthümliche Bestandtheile aus diesen Stoffen bereiten können.

Denken wir uns solche Pflanzen, wie jetzt auf kahlen Felsen wachsen, auf einem steinichten Boden in einem eingeschlossenen Raume, von einer Atmosphäre umgeben, welche Kohlensäure, Wasserdunst und Stickstoff, der unter Wasserzersetzung zu Ammoniak werden kann, enthält, so werden diese Pflanzen Kohlensäure zersetzen, Sauerstoff entwickeln und aus dem Ammoniak, dem Kohlenstoff und einem Theile der zurückgehaltenen Kohlensäure und dem Wasser, verschiedene vegetabilische Substanzen bilden, welche an den steinichten Boden gebunden werden. Je nachdem die Zersetzung der Kohlensäure und

[1]) *Bronn*, Lethaea geognostica, I. Bd. *Brongniart*, Prodrome d'une Histoire des végétaux fossiles. Paris, 1828.

die Verdichtung des Stickstoffs weiter fortschreiten, desto kräftiger wachsen die Pflanzen, desto grössere Mengen der vier organischen Elemente verbinden sie mit dem Boden, und in eben demselben Verhältnisse vermengen sie mehr Sauerstoff mit dem Stickstoff, der Kohlensäure und dem Wasserdunst, welche dieselben umgeben.

Wenn die Pflanzen in dem genannten eingeschlossenen Raume sterben, nachdem sie Früchte getragen haben, so faulen sie und lassen organische, humusartige Stoffe zurück. Die Samen keimen in den Stoffen, welche zersetzt werden, wachsen zu Pflänzchen heran, die im Raume vorhandene Kohlensäure und das aus Stickstoff und Wasserdunst gebildete Ammoniak werden von den neuen Pflänzchen zersetzt, welche dadurch wachsen, Sauerstoff entwickeln und neue organische Produkte liefern, die nun selbst wieder die Pflanzen zusammensetzen helfen. Auch diese Pflanzen faulen, und so kreist dieser Wechsel immer fort. Es können nicht mehr Pflanzen entstehen, als Nahrungsstoffe für dieselben vorhanden sind; sie können nicht grösser und üppiger werden, als es die Menge der Nahrung erlaubt, welche denselben dargeboten wird, und ursprünglich gasförmig im Raume eingeschlossen war.

Der Stickstoff, welcher in dem eingeschlossenen Raume mit Kohlensäure und Wasserdunst ursprünglich vorhanden war, wird also bei der ersten Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen mit Sauerstoff vermengt, und dies schreitet fort, so lange noch Kohlensäure zersetzt wird. Dann erreicht der Sauerstoff ein Maximum. Wenn die gestorbenen Pflanzen faulen, so nimmt der Kohlenstoff der Pflanzentheile bei der Fäulniss Sauerstoff auf, und die Menge desselben nimmt wieder bis zu einem gewissen Minimum ab, welches dann eintritt, wenn die Fäulniss aufhört und sich aus den keimenden Samen neue Pflänzchen entwickeln. Die grösste Sauerstoffmenge und die kleinste Menge Kohlensäure und Stickstoff würden in einem solchen begrenzten Raume zugegen sein, wenn die Pflanzen die höchste Entwicklungsstufe erreicht hätten; die kleinste Sauerstoffmenge und

die grösste Menge Kohlensäure und Stickstoff, wenn die Fäulniss der gestorbenen Pflanzen am weitesten gediehen wäre.

Denken wir uns in dem eingeschlossenen Raume, in welchem der steinichte Boden schon mit einer Schichte humusartiger, ammoniakhaltiger Stoffe bedeckt ist, und in welchem schon Sauerstoff als Gas mit dem Stickstoff, dem Wasserdunst und der Kohlensäure vermengt ist, Samen von anderen Pflanzen, so werden diese sich üppig entwickeln und fortwachsen, und ihren Theil beitragen zur Verdichtung von C, H, N aus den umgebenden Gasen und zur Entwickelung von O in den Raum. Wenn wir in demselben begrenzten Raume, in welchem die Pflanzen schon Sauerstoff mit dem Stickstoff vermengt haben, in unserer Vorstellung einige Thiere hineinbringen, so nehmen diese bei der Respiration den Sauerstoff auf, und geben dafür ein ungefähr gleiches Volumen Kohlensäure wieder ab. Die dadurch in dem eingeschlossenen Raume vermehrte Menge der Kohlensäure wird den Pflanzen von neuem zur Zersetzung dargeboten, welche dadurch kräftiger wachsen und dafür eine neue, reichere Sauerstoffmenge entwickeln. Wenn diese Thiere von den in jenem Raume eingeschlossenen Pflanzen fressen, so wird hierdurch zunächst ein Theil der Pflanzen der Fähigkeit entzogen, die Kohlensäure zu zersetzen, aber bald geben diese Thiere Excremente von sich, welche faulen und also aus der durch den thierischen Körper geführten Pflanzennahrung Kohlensäure und Ammoniak entwickeln, welche den Pflanzen von neuem zur Nahrung dienen, wodurch diese wachsen und selbst wieder anderen Thieren zur Nahrung gereichen können.

Wenn wir endlich in dem eingeschlossenen Raume Feuer anzünden, nachdem schon Sauerstoff vorhanden ist, so wird die verbrennende organische Materie, in soweit sie Kohlenstoff enthält, durch die Verbrennung in Kohlensäure verwandelt werden, so dass dadurch wieder Nahrung für die Pflanzen bereitet wird.

Wenn wir das, was wir uns hier von einem eingeschlossenen Raume gedacht haben, auf die ganze Atmosphäre anwen-

den, so sehen wir, dass Alles, was wir uns hier für einen eingeschlossenen Raum gedacht haben, auch dort Anwendung findet. Bei der ersten Entstehung der Welt ist entweder Sauerstoff in der Atmosphäre gewesen oder nicht. Wenn Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdunst da waren, so mussten, bei den ersten Spuren jener eigenthümlichen Vegetation, von der uns so viele Beweise übrig geblieben sind, Kohlensäure und aus Stickstoff und Wasserdunst gebildetes Ammoniak von den Pflanzen aufgenommen, und Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben werden. Bei der Vermehrung der Vegetation mussten die Kohlensäure und der Stickstoff stets mehr aus der Atmosphäre verschwinden, die Menge beider musste zu einem Minimum vermindert werden und der Sauerstoff zu einem Maximum zunehmen, während die Bestandtheile der früheren Atmosphäre stets mehr und mehr als feste Stoffe auf die felsige Erde verdichtet werden mussten.

Ohne Thiere und ohne Verbrennung können die Pflanzen erhalten werden. Die Fäulniss, welche einige erfahren, liefert Kohlensäure und Ammoniak für andere. Die Thiere müssen, mit Ausnahme der Infusorien, nach den Pflanzen entstanden sein, denn ohne Pflanzen können auf der Erde keine Thiere bestehen. Die schwarze Erdschichte muss nach den Pflanzen entstanden sein, denn sie wird nur von Pflanzen und Thieren gebildet. Die Stoffe der Thiere, der Pflanzen und der schwarzen Erdschichte waren also früher alle Bestandtheile der Atmosphäre.

Die Thiere bedürfen der vegetabilischen Nahrung. Sobald also auf der Erde neben den Pflanzen Thiere entstanden sind, hat die Menge der Kohlensäure der Atmosphäre und die Menge des Ammoniaks der schwarzen Erdschichte durch die Respiration und Fäulniss derselben zugenommen, und in demselben Grade auch der Nahrungsstoff für die Pflanzen. Die Vegetation muss also durch die sich stets auf der Erde vermehrende Zahl der Thiere unterstützt, gefördert werden, und die Nahrung, welche die Pflanzen aus der Atmosphäre erhalten, wird noch jetzt, durch die stets zunehmende Menge der Menschen, sich stets

vermehren, und dadurch wird die Vegetation gefördert werden müssen.

Bemerkenswerth ist auch der Unterschied, welcher in der Atmosphäre durch die Bildung einer schwarzen Erdschichte entstanden sein muss, als die jetzigen Verhältnisse der Erde entstanden. Die ersten Pflanzen, welche von Kohlensäure und aus der Atmosphäre entnommenem oder bereitetem Ammoniak lebten und wuchsen, haben bei ihrer Fäulniss nicht Alles an die Atmosphäre wiedergegeben, sondern eine schwarze, feste Substanz auf der Erdoberfläche hinterlassen. Je nachdem diese Schichte zunahm, musste die Atmosphäre nothwendiger Weise von den Elementen der Kohlensäure und des gebildeten Ammoniaks befreit bleiben, welches die verfaulten Pflanzen aus der Atmosphäre verdichtet oder gebildet hatten. Und da diese Humusschichte stets zunahm, (wir sehen dies noch auf unseren Heiden), so musste die Atmosphäre stets mehr und mehr von den ursprünglich in derselben vorhandenen Stoffen befreit bleiben.

Die Bildung einer neuen Vegetation in dürren Gegenden geschieht jetzt deshalb langsam, weil die Menge der Kohlensäure durch die grosse Zahl der Pflanzen jetzt zu einem Minimum reducirt ist. Jede neue Vegetation hält Kohlenstoff an den Boden gebunden, der, wenn er nur aus der Atmosphäre geschöpft ist, nicht leicht zu derselben zurückkehrt, sondern hauptsächlich nur zur Erhaltung jener Pflanzen dient, welche an der Stelle, wo jene Humusschichte liegt, wachsen.

Nach der Entstehung des Menschengeschlechts und besonders nach der Verbreitung desselben, ist ausser dem, was die Thiere schon zur Erhaltung der Vegetation beigetragen hatten, eine neue Quelle für den Stoffwechsel entstanden, durch welche noch nicht mit Pflanzen bedeckte Stellen mit denselben bedeckt werden und andere Pflanzen neue Nahrung erhalten konnten: nämlich das Feuer, welches zur Bereitung von Speisen, zur Erwärmung u. s. w. verwendet wird. Die unter der Erde vergrabenen Steinkohlen z. B. geben, mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure verbunden, den Pflanzen eine immer neue Menge

Nahrung. So viel Steinkohlen verbrannt werden, so viele neue Pflanzenprodukte können aus denselben gebildet werden, als Cellulose und andere indifferente, stickstofffreie Stoffe.

Aus allem diesem folgt, dass die schwarze Erdrinde, da sie nur ein Produkt der Fäulniss von Pflanzen und Thieren ist, nicht vor den Pflanzen und Thieren bestanden hat; dass die damals lebenden Pflanzen keine andere Nahrungsquelle hatten, als die Atmosphäre; dass die Nahrung nothwendiger Weise Kohlensäure und Ammoniak gewesen sein muss; dass durch die Zunahme der Pflanzen und die Zunahme der schwarzen Erdrinde die Zusammensetzung der Atmosphäre so verändert sein muss, dass die Menge der Kohlensäure und des Stickstoffs abgenommen hat und an die Stelle der ersteren Sauerstoff getreten ist; dass seit der Zeit die Sauerstoffmenge in der Atmosphäre wirklich stets zugenommen haben muss; dass endlich die in der Atmosphäre vorhandene Menge der Kohlensäure, indem eine grosse Menge des Kohlenstoffs und Stickstoffs auf der Oberfläche der Erde verdichtet wurde und als Humus und in den Pflanzen in alle mögliche organische Substanzen überging, äusserst gering werden musste, so dass dadurch die Zunahme, die Verbreitung der Vegetation über noch nicht bebaute Erdtheile sehr gehemmt werden musste; dass damals die Verbreitung der Vegetation nicht nur ihre höchste Stufe erstiegen hatte, sondern dass dieselbe ohne andere bestimmte Ursachen der Vermengung der Atmosphäre mit Kohlensäure nicht so kräftig würde erhalten werden können, wie dies bei dieser Vermengung der Fall ist; dass durch die nach den Pflanzen entstandenen Thiere der Wechsel der Bestandtheile der Atmosphäre ausserordentlich vergrössert ist, und ein grösserer Theil der Kohlensäure und des Stickstoffs, welche von der Erdrinde getrennt wurden, in einen über die Erdoberfläche hin beweglichen Zustand versetzt wurde; dass die Thiere, indem sie den Pflanzen in der Kohlensäure und im Ammoniak neue Nahrung gaben, die Vegetation von neuem bedeutend unterstützt haben, und endlich, dass die vermehrte Anzahl der Menschen durch ihre

Respiration, die Fäulniss ihrer Leichen, aber besonders durch die verschiedenen Verbrennungsprozesse dazu von neuem kräftig mitgewirkt hat.

Hat nun die Atmosphäre, seitdem die Menschen auf der Erde erschienen sind, dieselbe Zusammensetzung behalten, welche sie vor jener Zeit hatte, und wird die Atmosphäre immer dieselben Bestandtheile beibehalten, wenn die Anzahl der Menschen stets zu-, die der Wälder stets abnimmt?

Es leidet keinen Widerspruch, dass durch die bedeutende Menschenzahl, welche respirirt und deren Leichen faulen, die Feuer anzünden, die Menge der Kohlensäure in der Atmosphäre grösser, die Menge des Sauerstoffs kleiner geworden sein muss; diesem Umstande steht aber gegenüber, dass durch die Zunahme der Menschen sehr viele Thiere von der Erdoberfläche vertrieben worden sind. Die Feuer indess, welche die Menschen anzünden, haben unläugbar die Menge der Kohlensäure vermehrt und die des Sauerstoffs vermindert; ob aber diese Menge, wenn auch von den ersten Menschen schon eudiometrische Versuche angestellt worden wären, sich hätte wahrnehmen lassen, ist schwer mit Gewissheit zu entscheiden; es ist indess wahrscheinlich, dass dieser Unterschied so gross ausgefallen sein würde, dass man in einem gegebenen Volumen atmosphärischer Luft etwas mehr Sauerstoff und etwas weniger Kohlensäure gefunden haben würde als jetzt, wenn nur die Methoden der Untersuchung genau genug gewesen wären.

Es leidet ebenfalls keinen Widerspruch, dass entweder die Atmosphäre endlich durch die Menschen verpestet werden wird, oder dass Hungersnoth auf der Erde entstehen muss. Bei der fortwährenden Zunahme der Menschenzahl auf der Erde hat die Anzahl der Wälder abgenommen. Die Menschen vertreiben und vernichten Thiere und Pflanzen, die früher ungehindert lebten. Die grossen Wälder müssen nun besonders die Menge der Kohlensäure, welche der Verbrennungsprozess und die Respiration erzeugen, zersetzen. Es ist durchaus nothwendig, dass zwischen der Anzahl der Pflanzen und der der Menschen und

Thiere auf der Erde ein bestimmtes Verhältniss stattfindet. Die ersteren müssen das wiederherstellen, was die letzteren der Atmosphäre geraubt haben, und das zersetzen, was sie der Atmosphäre mitgetheilt haben. Wenn das Gleichgewicht zwischen der Anzahl der Pflanzen und Thiere gestört wird, d. h. wenn die Menschen sich vermehren, während die Pflanzen abnehmen, so wird endlich keine hinreichende Menge Kohlensäure mehr zersetzt, und das Verhältniss zwischen Sauerstoff und Stickstoff, welches wir jetzt für unwandelbar halten, wird gestört.

Zwar liessen sich noch viele unbewohnte Theile der Erde bebauen, wenn wir uns aber in Gedanken in die Zukunft versetzen, wenn wir uns die Wälder ausgerottet denken, die Erde mit essbaren, nur wenig in die Atmosphäre hineinragenden Pflanzen bedeckt, so kommt man auf die Grenze für die jetzt gefundene Unveränderlichkeit der Zusammensetzung der Atmosphäre, und zugleich auf die Grenze des Menschenlebens auf unserem Planeten. Die Zerstörung des Niagara und des Menschen gehören sehr fernliegenden Perioden an, die aber, wenn keine andere Ursachen dazwischen kommen, gewiss eintreten werden.

Wann wird jene Zeit kommen? Das ist eine Frage, die annäherungsweise beantwortet werden kann. Nach *Lavoisier's* und *Davy's* Versuchen gebraucht ein Mensch in 24 Stunden 26,04 Kub.-Fuss Sauerstoff, folglich in einem Jahre 9505 Kub.-Fuss. Wenn wir die Zahl der Menschen auf der Erde zu 1000 Millionen annehmen, so verbrauchen diese in einem Jahre an Sauerstoff 9,505,000,000,000 Kub.-Fuss, d. h. ungefähr $^8/_{10}$ einer Kub.-Meile. Die ganze die Erde umgebende Sauerstoffmenge beträgt nun 1,954,570 Kub.-Meilen [1]. In einem Jahre wird hiervon von allen Menschen $^8/_{10}$ einer Meile verbraucht: so dass,

[1] In dieser Berechnung von *Poggendorff* ist die Höhe der Atmosphäre gleich 1 Meile oder 22,843 Fuss angenommen; der Halbmesser der Erde gleich 860 Meilen und also das Volumen der Luft (21 Sauerstoff und 79 Stickstoff) = 9,307,500 Kubik-Meilen.

wenn immer 1000 Millionen Menschen auf der Erde blieben, eine Zahl von 2,451,000 Jahren erfordert werden würde, damit aller Sauerstoff aus der Atmosphäre verschwände. Wenn also die Pflanzen von jetzt an aufhörten, die Kohlensäure zu zersetzen und für dieselbe Sauerstoff zu entwickeln, so wären nach 2½ Millionen Jahren kein Sauerstoff mehr in der Atmosphäre vorhanden.

Durch diese Ursache wird also das Menschengeschlecht gewiss einmal von der Erde vertilgt werden, wenn dies nicht schon früher durch andere Ursachen geschieht.

Woher nun diese merkwürdige Gleichförmigkeit in der Atmosphäre, wo und wann sie nur immer untersucht werden mag? Zuerst dürfen wir nicht verschweigen, dass die eudiometrischen Mittel nicht grade zu den schärfsten und genauesten gehören, so dass kleine Verschiedenheiten leicht entgehen können. Es ist doch unwidersprechlich der Ungenauigkeit der Methoden zuzuschreiben, dass man, nach Abzug der Menge der Kohlensäure, die Sauerstoffmenge einer begrenzten Luft, in welcher viele Menschen respiriren, z. B. in einem Parterre eines Pariser Theaters, nicht kleiner gefunden hat (*Gay-Lussac* und *von Humboldt*), als in der freien Natur; denn woher stammt nur diese Kohlensäure, welche in so reichlicher Menge in einer solchen Luft gefunden wird, wenn sie nicht von verbrauchtem Sauerstoff herrührt, der durch die Thüren u. s. w. nicht unmittelbar wieder hergestellt werden kann? Man sollte wenigstens meinen, dass durch dieselbe Ursache (Luftzug) die Kohlensäure auch theilweise verschwinden müsste, wenn sie auch eine schwerere Luftart ist, und dennoch findet man in einer solchen Luftart wohl viel Kohlensäure, aber keinen Unterschied im Sauerstoffgehalt.

Diese kleineren Beobachtungsfehler abgerechnet, hat die Atmosphäre jetzt überall eine constante Zusammensetzung.

Die Regengüsse führen zunächst eine Menge unbedeutender Ausdünstungen dem Boden zu, welche in denselben eindringen, um entweder von den Pflanzen zersetzt zu werden,

oder sich in den Stoffen der Erdrinde zu chemischen Verbindungen umzugestalten. Letzteres ist mit dem bei der Fäulniss entstehenden Schwefelwasserstoff der Fall und mit so vielen anderen, welche sich mit den Metallen der Salzbasen der Erde verbinden, und unter dem Einflusse des Sauerstoffs der überall vorhandenen Luft allmälig in Salze verwandelt werden. Auf diese Weise werden auch die Kohlensäure und die Spuren des in der Luft vorhandenen Ammoniaks durch den Regen den Würzelchen der Pflanzen zugeführt. Auf dieselbe Weise müssen auch nach einem längeren Aufenthalt im Boden die Stoffe zersetzt und in neue Produkte verwandelt werden, welche von den Thieren entwickelt werden und den Pflanzen schädlich sind. Als *Ball* [1]) z. B. einen Kopf von *Delphinus Phocena* in einem Treibhause faulen liess, fand er viele Farren, aber auch andere Pflanzen nach einiger Zeit kränklich, welk und farblos, wie Osmunda regalis, Adjantum Capillus Veneris, viele Aspidium-Arten, auch Rubus corylifolius, Oxalis acetosella u. s. w.

Allein es giebt in jenem Luftraume eine andere, weit mächtigere Ursache der gleichförmigen Zusammensetzung, nämlich die Bewegung, welche demselben durch so viele ungleichartige Verhältnisse mitgetheilt wird, vermöge deren unter den Wendekreisen heisse Luftschichten sich erheben, nord- und südwärts nach den Polen gehen, und von dorther sich über die Erdoberfläche hinschieben, um den Pflanzen die Kohlensäure zur Zersetzung, und den Menschen und Thieren den von denselben entwickelten Sauerstoff zur Verbrennung darzubieten. Schon durch diese Ursache von der Temperatur abhängiger Winde, zu welcher sich noch viele andere gesellen, wird ein inniges Gemenge erhalten, und Pflanzen und Thieren nach der Reihe gegeben, was für dieselben unentbehrlich ist.

Es verdient eine besondere Beachtung, dass die beiden Hauptbestandtheile der Atmosphäre, der Sauerstoff und der

[1]) Bibl. univers. Novemb. 1841, p. 412.

Stickstoff, nicht chemisch mit einander verbunden, sondern nur gemengt sind. Wenn sie nicht gemengt wären, so würde die Respiration der Thiere unmöglich sein, und der durch die Pflanzen entwickelte Sauerstoff würde nicht zur Wiederherstellung der Atmosphäre führen. Die Respiration der Thiere erfüllt als erste Bedingung die Absorbtion des Sauerstoffs durch das Blut, welcher darauf durch die Zersetzung der Bestandtheile desselben als Kohlensäure wieder austritt. Diese ganze Function wäre nicht möglich, und der ganze thierische Organismus müsste durchaus anders beschaffen sein, als er jetzt ist, wenn der Sauerstoff und Stickstoff der Atmosphäre chemisch mit einander verbunden wären; in diesem Falle würden im thierischen Organismus nicht nur vom Sauerstoff, sondern auch vom Stickstoff, der sich *in statu nascenti* befinden würde, neue Verbindungen gebildet werden müssen, und aller Stickstoff der Atmosphäre würde in jene Function eingehen, während dieser jetzt fast gänzlich von derselben ausgeschlossen ist.

Andererseits würden die Pflanzen, welche jetzt durch eine einfache Sauerstoffausscheidung das gestörte Gleichgewicht der Atmosphäre wieder herstellen können, wenn die Atmosphäre eine chemische Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff wäre, unmöglich diese Verbindung zu Stande bringen können; da, wo dieselbe gebildet werden müsste, würde die dazu nöthige Stickstoffmenge fehlen, oder eine andere Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff, eine höhere Oxydationsstufe entstehen; kurz, die organische Natur müsste, wenn Sauerstoff und Stickstoff mit einander verbunden wären, ganz anders gebildet sein, als jetzt, wo die Winde das Gemenge innig und gleichförmig machen.

Die Menge des in der jetzigen Atmosphäre enthaltenen Sauerstoffs und Stickstoffs hängt endlich nur davon ab, dass es jetzt auf der Erdoberfläche keine Stoffe giebt, welche von denselben mehr abgeben oder aufnehmen, als die einmal zur Bildung der Atmosphäre bestimmte Menge; es ist dieselbe nach keiner chemischen Regel und nach keinem bekannten

Naturgesetze bestimmt. So wie aber die einst wilde und felsichte, leblose Erde mit einer eigenen Vegetation bedeckt worden ist, deren Ueberreste (die Steinkohlen z. B.) uns in Erstaunen setzen, mit einer Vegetation, welche nur bei dem damaligen Zustande der Atmosphäre bestehen konnte, — so musste der grösste Theil jener Vegetation beim veränderten Zustande der Atmosphäre zu Grunde gehen, und so ist denn auch jetzt Alles, was auf der Erde lebt, abhängig von dem procentischen Gehalt von 21 Sauerstoff der Atmosphäre. Wenn dieses Verhältniss sich verändern sollte, so müsste Alles, was jetzt auf der Erde lebt, sterben, und eine andere Reihe von Pflanzen und Thieren, ja vielleicht eine andere Reihe mit Vernunft begabter Wesen entstehen.

Wie viele solcher Aenderungen in den Reihen der organischen Wesen schon vor sich gegangen sein mögen, ist nicht bekannt; nur das ist ausgemacht, dass sie überhaupt vor sich gegangen sind. *Ehrenberg* hört nicht auf, uns mit einer Reihe kleiner Wesen bekannt zu machen, welche zur Umgestaltung der Oberfläche der Erde mächtig mitgewirkt haben, und deren Einfluss auf die Verdichtung der Bestandtheile der früheren Atmosphäre nicht minder wichtig gewesen sein muss, als der, den wir den riesenhaften Baumfarren, den Tannen und anderen vorweltlichen Pflanzen zuschreiben, deren Ueberreste jetzt unter Erdschichten vergraben sind, deren organische Stoffe aber früher einmal zur Atmosphäre gehört haben.

IV.

Das Wasser in seinen Verhältnissen zur organischen Natur.

Während ein Gemenge zweier in fortwährendem Wechsel begriffenen Gase die Hauptbestandtheile der jetzigen Atmosphäre ausmacht, tritt im Wasser eine *chemische Verbindung* von 2 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Sauerstoff auf, welche in der organischen Natur eine Hauptrolle spielt, und deren Menge die der atmosphärischen Luft bei weitem übertrifft. Dieser Unterschied zweier Körper, welche beide für das Leben gleich unentbehrlich sind, ist wichtig; darauf, dass die Bestandtheile der Atmosphäre nur *mechanisch gemengt*, die Elemente des Wassers dagegen *chemisch verbunden* sind, beruht manche Eigenthümlichkeit der organischen Natur. Die nur mechanisch gemengten Elemente der Atmosphäre machen es den Pflanzen möglich, die Sauerstoffmenge, welche durch die Respiration und den Verbrennungsprocess in Kohlensäure verwandelt war, wieder zu ersetzen, ohne dass sich hierbei eine andere Erscheinung als die blosse Sauerstoffausscheidung zeigt.

In der chemischen Verbindung des Wasserstoffs und Sauerstoffs zu Wasser ist indess auch eine ganz eigenthümliche Reihe von Erscheinungen des organischen Reichs begründet. Es ist bekannt, dass, wenn chemisch verbundene Körper getrennt werden, dadurch auch anderer Seits die Wirkung anderer, in der Nähe befindlicher Stoffe erweckt wird. Ueberall nun, wo im organischen Gebiet Wasser zersetzt wird (und das ist häufig der Fall), wirkt diese Trennung auf die Stoffe, von wel-

chen die Einwirkung ausging, zurück, und erzeugt interessante chemische Veränderungen in allen an der Wirkung theilnehmenden Körpern. Diese chemische Wirkung geht hier beim Wasser von zwei Grundstoffen aus, welche beide Hauptbestandtheile organischer Körper sind.

Eine erste Hauptwirkung des Wassers auf organische Körper ist, dass es dieselben feucht erhält. Alle organische Körper, sowohl die Pflanzen wie die Thiere, brauchen das Wasser, um leben zu können. Das Wasser spielt vielfach eine chemische Rolle, bildet Hydrate der organischen Verbindungen, aber sehr oft dient es nur als Flüssigkeit, um zu befeuchten und aufzulösen, oder um feste Theile suspendirt zu halten. Das Leben lässt sich ohne Wasser oder eine das Wasser gänzlich vertretende Flüssigkeit nicht denken. Von einer solchen Flüssigkeit mussten also die Elemente auf eine innige Weise mit einander verbunden sein.

Die Befeuchtung mittelst des Wassers ist nöthig, damit die weichen Theile weich erhalten werden, um sich entwickeln und ernähren zu können. Die Entstehung der Individuen geschieht unter dem Zutritt einer reichlichen Wassermenge; bei den Thieren schwimmen die Keime frei in einer Flüssigkeit, um sich frei bewegen zu können, und durch die Wimperbewegung an ihrer Oberfläche aus dem Wasser eine unausgesetzte Erneuerung der Stoffe zu bewirken. In jugendlichen Individuen, bei welchen die Entwicklung und Reproduktion kräftig ist, ist deshalb auch der Wassergehalt der festen Theile viel grösser, und dies in den Pflanzen sowohl wie in den Thieren. Wenn man den Wassergehalt der Atmosphäre aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, so ist er eine der schönsten Einrichtungen, und steht in genauem und innigem Zusammenhange mit dem Leben. Wenn die Atmosphäre vollkommen trocken wäre, so würde das Wasser der organischen Körper schnell verdunsten, viele würden so ihres Wassers beraubt, und müssten bloss dieses Verlustes halber sterben.

Als auflösende oder suspendirende Flüssigkeit ist das

Wasser ebenfalls ein für das Leben unentbehrlicher Stoff. Die Erhaltung und Ernährung des ganzen Organismus beruht ja ausschliesslich darauf, dass eine Flüssigkeit durch die bestehenden Theile eines organischen Ganzen hindurchbewegt werde. Ohne Wasser würde es nicht möglich sein, dass die vier organischen Grundstoffe so viele Verbindungen mit einander eingingen, wie solche von uns beobachtet werden; durch das Wasser werden ja die meisten heterogenen Stoffe in einem organischen Ganzen mit einander in Berührung gebracht. Die durchströmende Flüssigkeit lagert hier einige Bestandtheile ab, nimmt dort andere auf, um durch dieselben am dritten Ort eine neue Wirkung zu erzeugen; kurz, die Existenz des Lebens ist an die Existenz des Wassers unzertrennlich geknüpft.

Der Nutzen des Wassers für Pflanzen und Thiere ist theilweise derselbe, theilweise verschieden. Er ist derselbe, wenn es gilt, die Hydrate vieler Verbindungen zu bilden, so z. B. in beiden Klassen die des Proteins, die sich in verschiedenen Formen, aber immer als Hydrate in Pflanzen und Thieren zeigen; die des Schleims, sowohl des vegetabilischen als des thierischen, um kleine, in Wasser unlösliche Theilchen in der Suspension zu erhalten, z. B. die Chlorophyllkörnchen bei den Pflanzen, die Blutkörperchen bei den Thieren; wenn es gilt gelöste Stoffe durch das Ganze hindurch zu bewegen, z. B. *Scheele's* Seifenstoff bei den Pflanzen, die Extraktivstoffe bei den Thieren, und in beiden eine Reihe von Salzen von verschiedener Form und verschiedener Zusammensetzung; endlich wenn es gilt, beiden Körpern Stoffe in gelöstem oder vertheiltem Zustande als Nahrungsstoffe, als für den Organismus unentbehrliche Substanzen darzubieten.

Das Wasser verhält sich aber in Pflanzen und Thieren verschieden, besonders was die Art und Weise betrifft, auf welche es wieder aus den organischen Körpern verschwindet; und dies bedingt zwischen beiden Klassen einen wesentlichen Unterschied. Bei den meisten Thieren nämlich wird eine wässerige Flüssigkeit durch den Körper geführt, und diese tritt auch in

Organe ein, welche einen Theil der in der Flüssigkeit gelösten oder suspendirten Stoffe zum Körper hinausführen, wodurch dieser von jenen Stoffen befreit wird. Bei den Pflanzen verhält es sich anders: es gehen ihnen solche ausschliesslich dazu bestimmte Organe ab, und sie behalten dadurch alle nicht flüchtige, einmal in ihre Substanz eingetretene Stoffe. Sie verlieren auf einer grossen Oberfläche Wasserdünste durch ihre Blätter, wenn die Atmosphäre Wasserdünste aufnehmen kann, d. h. wenn diese dazu trocken genug und das hygroskopische Vermögen der Blattbestandtheile schwächer ist, als das der Luft um Wasserdunst aufzunehmen. Wenn dies gleich keineswegs immer der Fall ist, so ist dies doch ein häufig eintretender Zustand, so dass die Pflanzen, ohne eigene, zur Ausscheidung einer wässerigen Flüssigkeit bestimmte Organe zu besitzen, dennoch bei vielen Zuständen der Atmosphäre fast reines Wasser durch ihre Blätter verlieren. Bei den Pflanzen ist also diese Function von der der Thiere ganz verschieden, die zwar durch ihre Haut ebenfalls Wasser verlieren, sowohl durch die Verdunstung der feuchten, nur mit einer dünnen Epidermis bedeckten Haut, wie durch die Ausdünstung der Schweissdrüschen, aber in der Regel eine grosse Menge einer wässerigen Flüssigkeit, einer Auflösung vieler Stoffe durch bestimmte Organe nach aussen ausscheiden (Harnausscheidende Organe). Die mit Spaltöffnungen versehenen und ausserdem feuchten Blätter der Pflanzen verlieren sowohl auf ihrer ganzen Oberfläche, wie durch ihre Spaltöffnungen Wasser, und theilen dies der Atmosphäre mit. Da nun dieses Wasser von reinem Wasser nur wenig verschieden sein kann, so muss an der Stelle der Verdunstung viel von den festen Stoffen, welche die Säfte der Pflanzen enthalten, zurückgelassen werden, und so unterstützt denn die Verdunstung des Wassers das Wachsthum der jugendlichen stark verdunstenden Blätter: ein Wachsthum, eine Zunahme der Masse, welche also gradezu mit der Verdunstung der wässerigen Flüssigkeit, und folglich mit der Fähigkeit der Atmosphäre, Wasser aufzunehmen, zusammenhängt. Dass durch

diese Verdunstung des Wassers in den Blättern und an der Oberfläche der Pflanzen die Erneuerung der Säfte in den vertrocknenden Theilen, und dadurch im Allgemeinen die Bewegung der Säfte in den Pflanzen bedeutend unterstützt wird, lässt sich nicht in Abrede stellen. Die verdunstete Flüssigkeit muss wieder ersetzt werden, und indem sie die in den Pflanzensäften vorhandenen festen Stoffe zurückgelassen hat, führt die folgende Menge der Flüssigkeit eine neue Menge derselben herbei, die nun selbst wieder an der Verdunstungstelle zurückbleibt.

Die Folge davon ist weiter, dass, indem das Wasser durch die Blätter verdunstet, durch die ganze Pflanze das Aufsteigen neuer Flüssigkeit erleichtert wird, so dass durch die ganze Masse der Pflanzen neuer Stoffwechsel entstehen muss.

Reines Wasser ist an der Oberfläche der Erde sehr selten. Es enthält gewöhnlich einige Salze in der Auflösung. Diese Salze kommen in der Natur in grosser Menge vor; das Seewasser enthält dieselben in reichlicher Fülle. Grade diese Salze können in Thieren und Pflanzen nicht fehlen, sie sind für das Leben ebenso unentbehrlich wie die vier organischen Elemente. Dieser Zusammenhang ist unzweifelhaft nicht zufällig, sondern nothwendig. Er stellt die lebende Natur in ein ganz eigenthümliches Verhältniss der sogenannten todten gegenüber. Wenn wir uns die organischen Theile des Blutserums aus demselben entfernt denken, so bleibt in der That eine Salzlösung zurück, welche in der Zusammensetzung in vielen Beziehungen dem Wasser sehr nahe kommt. Solche Uebereinstimmungen sind nicht zufällig; die Unentbehrlichkeit des Kochsalzes für das thierische Leben, und der in der Erde vorkommende Ueberfluss desselben ist nicht zufällig. Ausserdem kommen sowohl in der wässrigen Flüssigkeit, welche die Pflanzen durchzieht, wie im Blutserum und gewöhnlichen Wasser Chlorcalcium Chlormagnesium, kohlensaures Natron, kohlensaurer Kalk, kohlensaure Bittererde, schwefelsaures Natron, und im Blutserum phosphorsaure und Kali-Salze vor. Die meisten dieser dem

Blutserum unentbehrlichen Salze werden nun im gewöhnlichen Wasser und in den Säften der Pflanzen angetroffen, welche Menschen und Thieren zur Nahrung dienen; und dies einfache Verhältniss zeigt offenbar einen Zusammenhang zwischen Unterabtheilungen der Natur, welche in der Wissenschaft zu sehr von einander getrennt werden.

Diese Salze spielen unzweifelhaft im ganzen organischen Reiche eine wichtige Rolle. Es ist bekannt, dass die meisten derselben dem chemischen Wechsel der Bestandtheile organischer Körper entgegenwirken; das Kochsalz und viele andere der genannten schützen das Fleisch vor der Fäulniss. Die Salze sind also ohne Zweifel zunächst deshalb im organischen Reiche vorhanden, damit der Stoffwechsel mehr oder weniger beschränkt sein sollte, damit derselbe hier und da modificirt würde, indem dieser Stoffwechsel ohne diese Salze zweifelsohne im thierischen Körper, der grösstentheils aus schnellveränderlichen Bestandtheilen zusammengesetzt ist, mit allzu raschen Schritten vorwärts eilen würde. Einige, z. B. die kohlensauren Alkalien, dienen dazu, die Proteinverbindungen zu lösen; andere, z. B. der phosphorsaure Kalk, dienen den Weichtheilen zur Stütze (bei den Gräsern dient dazu die Kieselerde) und gehen mit vielen organischen Stoffen chemische Verbindungen ein, während sie, mit den schwefelsauren Salzen, den Phosphor und Schwefel liefern müssen, die mit den vier organischen Elementen in einigen Verbindungen vorkommen. Endlich muss durch das Wasser das in der Pflanzenmasse vorkommende Eisenoxyd in aufgelöster Form von den Pflanzen aufgenommen und von den Pflanzen den Thieren dargeboten werden, damit sich dieses unter dem Einflusse derselben desoxydirenden Verhältnisse im thierischen Organismus als organisches Element im Farbstoff des Bluts ebenso gruppiren könne, wie der Phosphor und der Schwefel dies in vielen Proteinverbindungen thun.

Alle in Wasser lösliche Salze, welche im thierischen Körper nicht fixirt, oder deren Bestandtheile mit dem Körper nicht verbunden werden, gelangen bei der Harn-Ausscheidung noth-

wendiger Weise nach aussen; es ist keine Ursache denkbar, durch welche sie in den Nieren sollten zurückgehalten werden, weil sie in dem Blutserum gelöst vorkommen und im Harn, einer wässerigen Flüssigkeit, löslich sind. Diese müssen also jedes Mal in demselben Maasse von aussen wieder eingeführt werden. Ausser dem Kochsalze kommt von denselben in der thierischen und pflanzlichen Nahrung und in dem gewöhnlichen Trinkwasser eine hinlängliche Menge vor, um das Ausgetriebene zu ersetzen. Der Mensch braucht ausserdem noch Kochsalz, und weiss sich dasselbe selbst im rohesten Zustande anzueignen und so dieses Bedürfniss des Körpers zu befriedigen.

Das Wasser zeigt sich nun in einer ganz eigenen Bedeutung, wenn wir verfolgen, wie diese Flüssigkeit das Medium ist, in welchem eine unzählige Menge von Pflanzen und Thieren leben und ihre Nahrung finden, sterben und faulen, während die von denselben zurückgelassenen Stoffe ebenso zur Erzeugung, Entwicklung und Erhaltung neuer organisirter Körper dienen, wie die Atmosphäre und die Ackererde zusammen für die Pflan- und Thiere die in der Luft leben.

Mehr als $^2/_3$ der Oberfläche unseres Planeten sind mit Wasser bedeckt. In dieser erstaunlichen Wassermenge lebt eine unzählige Menge eigenthümlicher Wesen; das Festland ist ausserdem in allen möglichen Richtungen von Flüssen und anderen Wasserflächen durchschnitten, in welchen allen Pflanzen und Thiere wohnen und zu Hause sind. Indem sie durch das Wasser dem Auge entzogen und nicht so zugänglich sind, wie die auf dem Boden vorhandenen Körper, fesseln sie weniger und ziehen sie in geringerem Grade die Aufmerksamkeit des Naturforschers auf sich. Allein diese Welt verdient dennoch, genau bekannt zu werden. Wer wagt es, zu bestimmen, welche Masse organischer Körper die grössere sei, die der im Wasser, oder die der in der Atmosphäre lebenden?

Die leichte Beweglichkeit in Flüssigkeit aufgelöster organischer Stoffe giebt eine ausgezeichnete Gelegenheit zum Ortswechsel und zur Verbindung derselben mit einander. In

Infusionen pflanzlicher oder thierischer Stoffe entwickeln sich kleine Thierchen, die von jenen Infusionen ihren Namen erhalten haben. Sie haben im Ganzen nur eine kurze Lebensdauer, verschlingen einander und verschwinden; ihre Stoffe dienen zur Erzeugung neuer Individuen und neuer Formen, und so entstehen Infusionspflänzchen, welche selbst wieder verschwinden, indem sie anderen ihren Platz einräumen. Solche Metamorphosen organisirter Körperchen gehen in allen möglichen stehenden Gewässern vor sich, in Sümpfen und Gräben, in denen sie auch auf dem Boden gefunden werden. Die Ruhe, in welcher die Wassermasse verkehrt, fördert ihre Entwicklung; deshalb trifft man sie weniger in Flüssen, weniger in grossen Wasserflächen oder Landseen. Die unzählige Menge kleiner organisirter Körper in stehenden Gewässern verdankt ihr Ent-und Bestehen in jenen Wasserarten vorkommenden organischen Stoffen. Wenn diese, wenn die Verhältnisse, denen das Wasser ausgesetzt ist, und wenn die Beimengungen verschieden sind, so sind auch die organisirten Körper, welche in demselben entwickelt werden, verschieden. Vor der Existenz der jetzt lebenden Pflanzen und Thiere haben solche Infusionsthierchen in unzähliger Menge bestanden; vielleicht haben auch diese zur Verdichtung der Bestandtheile der früheren Atmosphäre mitgewirkt.

Es findet ein inniger Zusammenhang zwischen der Atmosphäre und einer abgegrenzten Wasserfläche und umgekehrt statt. Wo nur immer eine gewisse Wassermenge verhindert wird, durch den Boden abzufliessen, und wo dieselbe der Atmosphäre ausgesetzt ist, da häuft sich organischer Stoff in derselben an, so dass der nicht sehr tiefe Sumpf zuletzt durch denselben ausgefüllt wird. Die Samenvertheilung führt demselben Pflanzen zu, die — indem sie in den organischen Stoffen eine reichliche Menge Nahrung finden, welche aus verdichteten Bestandtheilen der Atmosphäre, die von Infusionsthierchen und Pflänzchen umgearbeitet wurden, faulten, in Huminsäure, Quellsatzsäure u. s. w. übergingen, entstanden ist — üppig in demsel-

ben wachsen, ihre Blätter über das Wasser erheben, Kohlensäure aus der Atmosphäre aufnehmen, den Kohlenstoff zurückhalten und Sauerstoff an die Atmosphäre abgeben. So füllt sich jede untiefe Wassermenge mit Moorerde an, Teiche und Gräben füllen sich jährlich und müssen erweitert und ausgegraben werden, wenn sie nicht bald verschwinden sollen. (*Wiegmann*, Entstehung des Torfes.)

Es zeigt sich also zwischen der Atmosphäre und dem Wasser ein inniger Zusammenhang. Alle Bestandtheile der Atmosphäre, welche das Regenwasser niederschlägt, werden vom Wasser, in welches das Regenwasser niederfällt, aufgenommen. Die unzählige Menge der in der Atmosphäre vertheilten und mit dem Wasser vermengten Stoffe wird im letzteren allmälig zersetzt, und am Ende werden aus demselben ähnliche Produkte gebildet, wie sie in der Ackererde aus demselben entstehen (vergl. das folgende Kapitel). Daher kommen in allen begrenzten Wasserflächen dieselben Stoffe vor, welche man in der Ackererde antrifft, und die in denselben lebenden Pflanzen sind in Folge davon von einer verdünnten Lösung anorganischer und organischer Salze umgeben, welche mehr oder weniger mit den in der Ackererde vorkommenden übereinstimmen. Das Wasser der Gräben ist durch quellsatzsaure Salze gefärbt, und diese bieten den vielen im Wasser schwimmenden Pflanzen eine ziemlich reichliche Menge organischer Nahrung.

Im grossen Ocean wachsen eine grosse Menge von Pflanzen. Ausser den vielen Algen und anderen die Küste bedeckenden Wasserpflanzen ist in dieser Hinsicht die unzählige Menge Sargassum Columbi bemerkenswerth, welche in dem Sargosso-See schwimmt. Diese Pflanze nährt sich auf Kosten der im Meerwasser vorhandenen organischen Stoffe; die Menge dieser Stoffe ist bedeutend, so dass dadurch das Meerwasser immer gelblich gefärbt ist und nach der Verdunstung eine gelbliche Salzmasse zurücklässt. In jenen Wassermengen, in welchen kolossale Thiere leben, ihre Excremente sich vertheilen und ihre Leichen faulen, ist eine Menge organischen Stoffs angehäuft und zum grössten Theile aufgelöst oder fein vertheilt.

Dass die genannten Wasserpflanzen ein Wechselverhältniss zwischen dem Wasser und der Atmosphäre darstellen, lässt sich auch nicht läugnen. Bei ihrem Wachsthum entwickeln alle diejenigen, welche grün werden, Sauerstoff, vertheilen diesen durch das Wasser, aber auch theilweise vermittelst des Wassers durch die Atmosphäre.

Bei der steten Verdunstung von fast reinem Wasser aus dem Ocean, bei dem der Fäulniss entgegenwirkenden Vermögen der im Meerwasser aufgelösten Salze und bei der unaufhörlichen Zufuhr organischer Stoffe aus den Flüssen muss die Menge des organischen Stoffs der Ackererde abnehmen, die Nahrung für die im Ocean lebenden organisirten Wesen und folglich auch die Zahl der letzteren zunehmen. Es ist also ein Streben vorhanden, jenes Heer organischer Wesen im Ocean zu vergrössern.

Die Pflanzen entwickeln, wie wir sahen, in stehenden Gewässern, insoweit als sie grüne Theile besitzen, Sauerstoff. Daher und weil das Wasser leichter Sauerstoff als Stickstoff absorbirt, ist der Sauerstoffgehalt der im Wasser gelösten Luft grösser als in der Atmosphäre. *Von Humboldt* und *Gay-Lussac* haben dies zuerst am Wasser der Seine beobachtet, und Andere haben dies für alle Wasserarten, welche keinen Ueberfluss an faulenden organischen Körpern enthalten, bestätigt. Anstatt 21% findet man 28% und mehr Sauerstoff in der im Wasser aufgelösten Luft. Daher erhalten die Fische ihren Sauerstoff, wenn das mit demselben geschwängerte Wasser die Blutgefässverzweigungen der Kiemen benetzt, während die dabei entwickelte Kohlensäure in Wasser aufgelöst wird. Diese Kohlensäure ist eine Nahrung für Pflanzen, und so geschieht im Wasser ungefähr dasselbe, wie in der Atmosphäre, indem die Pflanzen den Thieren den Sauerstoff, und die Thiere den Pflanzen die Kohlensäure zuführen.

Es ist bekannt, dass die auf der Erdoberfläche in der Atmosphäre lebenden Pflanzen die organischen Stoffe, aus welchen die Thiere bestehen, bereiten; denn die Thiere sind Pflanzenfresser oder Fleischfresser; die Fleischfresser geniessen

solche thierische Nahrung, welche am Ende selbst aus vegetabilischer Nahrung entstanden ist. Dies geschieht nicht so bei allen im Wasser lebenden Thieren. Zunächst giebt es eine unzählige Menge kleiner Thierarten, die meisten Infusorien z. B., welche sich ebenso aus im Wasser vertheilten oder gelösten organischen Stoffen, die keinen Pflanzentheilen angehören, entwickeln, wachsen und sich vermehren, wie wir dies bei den Pflanzen der niedrigsten Bildungen, den Schimmelpflanzen z. B., beobachten. Aber auch einige grössere Wasserthiere scheinen andere Nahrungsquellen zu besitzen, als die grösseren auf der trocknen Erde lebenden Thiere. Wir sehen doch, dass viele derselben eine lange Zeit hindurch in einer eingeschlossenen, kleinen Menge Flusswasser leben, sich entwickeln und wachsen, nur unter der Bedingung, dass dieses von Zeit zu Zeit durch anderes Flusswasser erneuert werde. Es mag sein, dass sie von wenig Nahrung leben können, aber woher kommt auch diese kleine Menge? Woher sonst, wenn nicht von solchen Stoffen, von denen die Pflanzen leben? von organischen, fein vertheilten oder gelösten Stoffen, welche in kleiner Menge im Flusswasser vorhanden sind, und von den im Wasser gelösten Bestandtheilen der Atmosphäre. Beispiele dieser Art sind z. B. in den Blutegeln mehr als hinlänglich bekannt.

Es herrscht also in dieser Beziehung im Haushalt der im Wasser lebenden Thiere noch sehr viel Dunkelheit, welche die Wissenschaft noch nicht beleuchten kann, und wenn auch unter den im Wasser lebenden Thieren Pflanzenfresser und Fleischfresser vorkommen, so ist es doch mehr als wahrscheinlich, dass viele derselben im Stande sind, ebenso wie die Pflanzen, fein vertheilte organische Stoffe in Nahrung zu verwandeln. Vielleicht bilden diese organischen Stoffe erst Infusorien und diese mögen von den grösseren Thierarten verzehrt werden, welche hierdurch ebenso gut genährt werden, wie die auf der trocknen Erde lebenden Thiere sich von pflanzlicher und thierischer Nahrung ernähren.

V.

Die Ackererde in ihren Verhältnissen zur organischen Natur.

Dass die schwarze Erdschichte, welche die Erde an vielen Stellen einige Fuss, anderswo einige Zoll dick bedeckt, an anderen Stellen aber ganz fehlt, ein Erzeugniss von Pflanzen und Thieren ist, lässt sich nach dem früher Erwähnten nicht in Abrede stellen. Jetzt noch sehen wir, wie sich den Hauptbestandtheilen derselben ähnliche Stoffe aus den Zersetzungsprodukten organischer Körper bilden, und wir sehen dieselben auf keine andere Weise entstehen. Man hat also allen Grund, anzunehmen, dass die in der Erde vorkommende Menge dieser Stoffe niemals auf andere Weise entstanden ist, als durch die Verdichtung von Stoffen aus der Atmosphäre, welche Pflanzen und Thiere bewirken. An diese Beweisgründe schliessen sich noch andere an: nämlich dass dort, wo keine Thiere oder Pflanzen leben, nichts von dieser Substanz gefunden wird, und dass umgekehrt dort, wo ein Ueberfluss von Pflanzen und Thieren ist, die Menge derselben bedeutend zunimmt. Die Pflanzen, welche die dürrsten Gegenden bedecken, vermehren die Menge derselben immer mehr, und wirken in der That bedeutend zur Erhöhung des Bodens mit. Die Wasserflächen der alten holländischen Provinzen, die früher zu manchen Jahreszeiten eine Tiefe von 40—60 Fuss hatten und einen grossen Theil der niedrigeren Gegenden des Landes einnahmen, sind auf diese Weise von Pflanzen und den Ueberresten der Fäulniss derselben angefüllt und in culturfähigen Boden verwandelt.

Die schwarze Erdschichte ist also, für so weit als sie organische Stoffe enthält, wo sie nur immer, ohne Einfluss der Kunst, auf der Erde gedacht wird, aus Stoffen zusammengesetzt, die aus der Atmosphäre verdichtet sind, und einst sämmtlich Bestandtheile der Atmosphäre ausmachten. Sie ist ein Uebergangsstoff zwischen der Atmosphäre einerseits und auf der anderen Seite zwischen Pflanzen und Thieren. Wenn wir einmal der jetzt ziemlich allgemeinen Gewohnheit, das Wasser, die Kohlensäure, das Ammoniak, den Sauerstoff, den Stickstoff *anorganische* Körper zu nennen, folgen wollen — was mir aber sowohl unrichtig wie unpassend zu sein scheint, — so ist dennoch unzweifelhaft die schwarze Erdschichte nur zu den organischen Körpern zu zählen. Sie hat ihre Grundstoffe ebenso verbunden wie die Cellulose, Stärkmehl, Gummi, Zucker und jede andere organische Substanz; von ihr gehen ohne Zweifel die ersten und fortwährenden Bewegungsursachen aus, denen die Molecüle in Pflanzen und Thieren unterworfen sind. Der in ihren Elementen stattfindende Stoffwechsel überträgt sich unläugbar auf die Pflanzen, deren Würzelchen eine grössere oder kleinere Menge derselben dargeboten werden muss, wenn sie üppig wachsen sollen, während dieselbe Molecularbewegung von den Pflanzen auf die Thiere übergeht. So liegt denn die Ackererde in der Mitte zwischen der Atmosphäre und den Pflanzen und Thieren, und sie erhält jenen Kreis chemischer Wirkung, welche wir organische zu nennen gewohnt sind. Zwar können einige Pflanzen ohne Ackererde wachsen, allein fast alle jetzt lebende müssen in Ackererde befestigt sein, wenn sie sich kräftig entwickeln sollen, und wenn sie sich auch keineswegs in einem bestimmten Verhältnisse zu den im Boden vorhandenen organischen Stoffen entwickeln, so scheint dennoch die Gegenwart einer gewissen Menge derselben für das Wachsthum vieler Pflanzen unentbehrlich zu sein; dies ist einem Jeden bekannt, der in dem Gartenbau nicht gänzlich unbewandert ist. Daher rührt es unzweifelhaft, dass kohlensaures Ammoniak allein für die Pflanzen keine Nahrung ist, und dennoch für manche Pflanzen

die einzige Nahrung sein kann, wenn es denselben von der Ackererde unter gewissen Umständen dargeboten wird. In der fortwährenden Zersetzung der Bestandtheile der Ackererde ist also eine Hauptquelle der Bewegung der Molecüle in den Pflanzen zu suchen, welche von diesen den Thieren mitgetheilt wird. Ohne die fortwährende Zersetzung dieser Stoffe würde dem Leben vieler jetzt lebenden Pflanzen eine Grenze gesetzt werden. Diese fortwährende Zersetzung ist also ein Nutzen der schwarzen Erdrinde, der von der *Ernährung* der Pflanzen geschieden ist.

Die Erde, welche früher nur von einer Atmosphäre umgeben war, und nur Felsarten und Wasser — ja im Anfang dies nicht einmal — an ihrer Oberfläche besass, ein todter, dürrer, mit Nebel bedeckter Klumpen, mit einer Reihe von Feuerschlünden und himmelhohen Felsen gleichsam besät, war einer Reihe von Veränderungen ihrer Oberfläche ausgesetzt. Alsbald nach der Verdichtung des Wassers an ihrer Oberfläche verwitterten die Felsen durch Einwirkungen der Luft, des Lichts und der Feuchtigkeit, sie wurden fein zertheilt, durch den Wind zerstoben, durch das Wasser fortbewegt u. s. w., wodurch die Erde abgerundet werden musste. Auf diese Weise ist die äusserste Erdrinde mit vielen pulverförmigen oder körnigen Stoffen bedeckt worden. Sie musste ein Gemenge sein der über die Erde am meisten hervorragenden Felsarten: also von Kieselsäure, von Kalk-, Bittererde-, Natron-, Kali-Salzen, von Alaunerde, Eisen- und Manganoxyd in Verbindung mit den Säuren der genannten Salze, mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und mit Chlor. Für verschiedene Erdgegenden musste dieser äusserlich verwitterte, pulverförmige Stoff verschieden sein, da keine Ursache fähig ist, denselben weit von der Entstehungsstelle wegzubewegen. Von den Höhen, von den Bergen oder Felsen selbst musste er in niedrigere, nahe liegende Gegenden herabstürzen, aber da musste derselbe bleiben, wenn nicht grosse Umwälzungen denselben weiter führten. Daher rührt der Unterschied der anorganischen Bestandtheile der Oberfläche

der Erde, — ein Unterschied, der durch die Natur der Felsen bestimmt wird, deren Oberfläche bei der Verwitterung zu Pulver zerstoben ist. Diese Verwitterung dauert noch fort, und die eckige Erde rundet sich immer mehr ab; der verwitterte Fels vertheilt sich noch immer durch Winde und Ströme über eine grosse Fläche und füllt die Tiefen der Erde aus. Die mit ewigem Schnee und Eis bedeckten hohen Berge folgen zuletzt; wenn der Fuss derselben durch das herabstürzende Wasser ausgespült und untergraben sein wird, dann erst werden sie niedergestürzt und, in niedrigere Gegenden der Atmosphäre gelangt, den allgemeinen Einflüssen, welche die Abrundung der Erde bewirken, unterworfen sein, um endlich auch geebnet und vernichtet zu werden.

Die Verwitterung einiger dieser Felsarten ist sehr gut bekannt, z. B. der Ursprung der Thonerde, jener allgemein verbreiteten Substanz, welche für die Vegetation einen so hohen Werth hat. Diese Thonerde entsteht nämlich aus Feldspath, Albit und Porzellanspath.

Feldspath . . . $KO, SiO^3 + Al^2O^3, 3SiO^3$
Albit $NaO, SiO^3 + Al^2O^3, 3SiO^3$
Porzellanspath $NaO, SiO^3 + Al^2O^3, SiO^3 +$
$3 CaO, 2 SiO^3 + 2(Al^2O^3, SiO^3)$

Aus diesen Kali-, Natron-, Kalk- und Thonerde-Silikaten wird durch die Verwitterung, d. h. durch die Einwirkung von Wasser und Kohlensäure, ein Theil der Kieselsäure und des Kali oder Natron durch das Regenwasser ausgespült, während kieselsaure Thonerde, freie Kieselsäure und unzersetzter Feldspath, Albit oder Porzellanspath mit einander vermengt, als fein zertheilter Thon, in niedrigere Gegenden gelangen, in welche das Schnee- oder Regenwasser hinabsteigt. Besonders verdient hier der allgemein verbreitete Feldspath beachtet zu werden, den man, in Verbindung mit kieselsaurer Thonerde, Quarz, Glimmer, freier Kieselsäure, freier Thonerde, etwas Kreide und Eisenoxyd u. s. w. u. s. w., als den Hauptbestandtheil des gewöhnlichen Thons ansehen darf, der mit allerlei anderen Stoffen vermengt ist, denen der fortgeführte und in Wasser suspendirte

Thon begegnet ist. — Was durch die Verwitterung dieser Felsarten in Wasser löslich wird, giebt die Salze des gewöhnlichen Flusswassers.

Indem die vier Grundstoffe C H N O aus der Atmosphäre an der Erdoberfläche durch die erste Vegetation condensirt wurden; indem diese Condensation der vier Grundstoffe zu Pflanzen stets zunahm und daraus jener schwarze organische Stoff wurde, den wir jetzt im Boden finden, musste dieser also unmittelbar mit den genannten verwitterten Felsarten vermengt werden. Der letzte Erfolg davon musste nothwendiger Weise die Bildung eines Gemenges sein, in welchem man theils anorganische Verbindungen, theils organische mit anorganischen verbunden antrifft. Wenn wir die in der Kürze oben aufgezählten anorganischen Hauptbestandtheile des Bodens durchgehen, in so weit als dieselben im Wasser löslich sind, so sehen wir, dass sie mit denjenigen übereinstimmen, die wie wir früher sahen, auch im gewöhnlichen Wasser gefunden werden, weil das herabfallende Regenwasser oder der geschmolzene Schnee dieselben theilweise aus den verwitterten Felsen auflöst. Da wir nun früher sahen, dass die wichtigsten dieser Salze auch unentbehrliche Bestandtheile der Pflanzen und Thiere sind, so tritt für uns die ganze anorganische Erde mit ihren Hauptstoffen in eine innige Beziehung zur organischen Natur, und umgekehrt. Die in Wasser löslichen Stoffe endlich werden theils mit den anorganischen Bestandtheilen des Bodens, theils mit den unlöslichen Ueberresten der verwitterten Felsarten vermengt, wodurch die ersteren in fein vertheiltem Zustande den Pflanzen dargeboten werden.

Wenn auch die Zersetzungsprodukte von Pflanzen und Thieren unter bestimmten Verhältnissen stets dieselben sind, so können doch die verschiedenen Arten der Ackererde für verschiedene Gegenden keineswegs dieselben sein. Die im Boden vorhandenen anorganischen Stoffe üben ihren Einfluss auf diese Zersetzung aus und modificiren dieselbe auf mannigfache Weise. Die Gegenwart von Basen, Säuren oder Salzen, die alle einen so mächtigen Einfluss auf den Stoffwechsel organischer Stoffe

besitzen, muss nothwendiger Weise auf die faulige Zersetzung von Pflanzen und Thieren und die aus diesen entstehenden Produkte einen Einfluss ausüben, und also auch auf die Bewegung, welche von den in Zersetzung befindlichen Molecülen der schwarzen Erdrinde den in denselben wachsenden Pflanzen mitgetheilt wird. Daher entspricht der Verschiedenheit der anorganischen Bestandtheile des Bodens die Verschiedenheit der Ackererde; daher entspricht der Verschiedenheit der anorganischen Bestandtheile der Erdrinde die Verschiedenheit der aus der Ackererde entstandenen neuen Produkte: mit anderen Worten, daher rührt der Zusammenhang zwischen den verwitterten Felsen und der Vegetation einer Gegend. — Es ist bekannt [1]), dass die Flora von Holland mit der der ganzen Rheingegend übereinstimmt. Man schreibt dies mit Recht der durch das Rheinwasser bewirkten Samenverbreitung zu; zu dieser Ursache kann man aber noch eine andere fügen, nämlich die Gleichförmigkeit der vom selben Rheinwasser angespülten anorganischen Bestandtheile des Bodens.

In verschiedenen Pflanzen findet man verschiedene der vorhingenannten Salze, Basen und Säuren. Diese können freilich durch verwandte Stoffe ausgetrieben werden, z. B. Natron durch Kali u. s. w., aber jede Pflanzenart behält doch darin eine grosse Eigenthümlichkeit und stirbt oft, wenn die ihr eigenthümlichen anorganischen Bestandtheile zu fehlen anfangen.

Daher haben manche Pflanzen für manche Bodenarten eine besondere Vorliebe; daher sterben sie in einigen Gegenden, die denselben sonst gleiche Verhältnisse darbieten; daher muss man auf Aecker, von denen man fortwährend erndtet, dann und wann Pflanzenasche streuen; daher vermehrt sich die Fruchtbarkeit der Wiesen, welche im Winter überschwemmt werden, weil aus dem überschwemmenden Wasser die anorganischen Bestand-

[1]) *Miquel*, Distributio geographica plantarum.

theile dem Boden wieder ersetzt werden, an denen er durch die ausgeführten Pflanzentheile arm geworden war.

Die Ackererde ist also ein inniges Gemenge im Wasser unlöslicher anorganischer Bestandtheile, die besonders dazu dienen, die Würzelchen der Pflanzen und das Wasser durchzulassen oder letzteres hygroskopisch zu binden, welche Eigenschaft der Thonerde in hohem Grade zukommt; oder im Wasser löslicher Stoffe, welche die Pflanzen aufnehmen, und zu denen die mehrmals genannten Salze gehören. Anderentheils ist sie ein Gemenge organischer Stoffe, die theils mit den anorganischen chemisch verbunden sind, theils nicht.

Diese in der Ackererde vorkommenden organischen Stoffe würden unzählig verschieden sein, wenn nicht eine allgemeine Ursache ihre Anzahl auf wenige reducirte. Wenn diese allgemeine Ursache nicht bestände, so würden die ersten Pflanzen, welche sich auf den verwitternden Felsarten gebildet haben, bei ihrem Tode auf die Erdrinde Alles, woraus sie bestanden, niedergelegt haben, die später entstehenden Pflanzen würden das Ihrige hinzugefügt, und so an jeder Stelle der Erdrinde einen Sammlungsort von allerlei vegetabilischen Substanzen gebildet haben, die je nach der Natur der Stoffe, welche in Pflanzen bestimmter Familien gefunden werden, verschieden wären. Dies verhält sich in der Natur ganz anders. Nicht nur das Individuum wird im Tode vernichtet, sondern es werden auch alle organische Substanzen zersetzt, umgebildet, verändert, modificirt, und so entstehen aus denselben zuletzt nur einzelne Stoffe, die unabhängig sind von der Pflanze oder von dem Thiere, dessen Individualität vernichtet worden ist. Unter den pflanzlichen Stoffen giebt es indess einige, ebenso wie unter den thierischen, bei denen man diese allgemeine Veränderung noch nicht kennt, bei denen sie aber nicht unwahrscheinlich ist. Was aus diesen in der Erdrinde wird, muss noch untersucht werden. Hierher gehören die Harze, die Fette, die Pflanzenbasen, die Pflanzensäuren. Indess weiss man von den Hauptbestandtheilen des organischen Reichs, was bei der Verwandlung in Ackererde, bei der

Humusbildung aus denselben wird: sie erfahren eine eigenthümliche Zersetzung, welche man nicht mit der Fäulniss verwechseln muss, indem sie von dieser durch den Einfluss der verwitterten Felsen und die dadurch entstandene Vertheilung der organischen Stoffe in vieler Hinsicht verschieden ist. Wunderbar ist die Gleichförmigkeit dieser Veränderung, bei der von jenen Tausenden organischen Verbindungen von Pflanzen und Thieren die Hauptbestandtheile der schwarzen Erdschichte gebildet werden.

Wenn wir die zufälligen Beimengungen der schwarzen Erdrinde und die Substanzen, deren Zersetzung noch nicht weit genug gediehen ist, ausschliessen, so beschränkt sich das, was in der schwarzen Erdrinde vorkommt, auf eine kleine Anzahl organischer Stoffe, die überall auf der Erde in derselben gefunden werden und von deren Zersetzung das Wachsthum der Pflanzen abhängt.

Diese Stoffe sind folgender Maassen beschaffen. Einige sind im Wasser, andere in Alkalien löslich, andere unlöslich; einige endlich in Weingeist und Aether. Letztere sind harzige Stoffe und scheinen an der Vegetation durchaus keinen Antheil zu nehmen. Die aus dem Torf haben eine höchst merkwürdige Zusammensetzung, welche uns lehrt, dass in denselben Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff in verschiedenen Verhältnissen vorkommen, und zwar CH^2, C^5H^8, theils mit, theils ohne Sauerstoff.

In hartem friesischem Torf kommen vier Harze vor: [1])

$$\alpha\ C^{50}\,H^{80}\,O^9 = 10\,(C^5\,H^8) + O^9$$

$$\beta\ C^{77}\,H^{134}\,O^9$$

$$\gamma\ C^{104}\,H^{188}\,O^9$$

$$\delta\ C^{131}\,H^{242}\,O^9.$$

In den drei letzteren ist unzweifelhaft das α Harz chemisch mit CH^2 verbunden, denn wenn wir von allen das α Harz abziehen, so haben wir:

[1]) Bulletin 1839, p. 147.

$$\begin{array}{rrrl} \beta\ C^{77} & H^{134} & O^{9} & \\ \alpha\ \ 50 & 80 & 9 & \\ \hline 27 & 54 & & = 9 \times C^3 H^6 \\ \gamma\ C^{104} & H^{188} & O^{9} & \\ \alpha\ \ 50 & 80 & 9 & \\ \hline 54 & 108 & & = 18 \times C^3 H^6 \\ \delta\ C^{131} & H^{242} & O^{9} & \\ \alpha\ \ 50 & 80 & 9 & \\ \hline 81 & 162 & & = 27 \times C^3 H^6 \end{array}$$

In langem friesischem Torf ist die Zusammensetzung dieser Harze etwas verschieden:

$$\alpha\ C^{35} H^{56} O^{5} = 7\ (C^5 H^8) + O^5$$
$$\gamma\ C^{90} H^{168} O^{6} = 6\ (C^5 H^8 + O) + 60\ (CH^2)$$ [1].

[1]) α. Harzsaures Blei, harter friesischer Torf.

		gef.	At.	ber.
	C	57,33	50	57,77
	H	7,81	80	7,55
	O	13,44	9	13,61
	PbO	21,42	1	21,07.
β. Harz		gef.	At.	ber.
	C	77,37	77	77,21
	H	10,98	134	10,97
	O	11,65	5	11,82.
γ. Harz		gef.	At.	ber.
	C	79,12	104	79,32
	H	11,94	188	11,79
	O	8,94	9	8,98.
δ. Harz		gef.	At.	ber.
	C	80,77	131	80,60
	H	12,15	242	12,15
	O	7,08	9	7,25.
α. Harz	langer friesischer Torf.			
		gef.	At.	ber.
	C	76,20	35	75,89
	H	10,21	56	9,92
	O	13,59	5	14,19
γ. Harz		gef.	At.	ber.
	C	80,38	90	80,68
	H	12,52	168	12,29
	O	7,10	6	7,03.

Mehre dieser Stoffe sind noch nicht untersucht, insoweit sie in der Ackererde vorkommen; aber ähnliche wie die aufgezählten kommen unzweifelhaft in allen Arten der Ackererde vor und in anderen aus der Zersetzung organischer Körper entstandenen Schichten. Die Kohlenstoff-Wasserstoffverbindung CH^4 ist ein Zersetzungsprodukt der Pflanzen, welche Steinkohlen geliefert haben und tief unter der Erde vergraben worden sind; zwei andere Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen, CH^2 und $C^5 H^8$, werden in fester Form an der Oberfläche der Erde bei einer ähnlichen Veränderung bereitet; wahrscheinlich wird eine spätere Untersuchung noch mehre derselben kennen lehren. (Johnston.)

Die in Wasser und Alkalien löslichen Stoffe, welche organischen Körpern angehören, sind bisweilen in ziemlich grosser Menge in einigen Bodenarten vorhanden; andere sind sehr arm daran; sie sind ähnlicher Natur wie die in Wasser und Alkalien unlöslichen, wenn man die oben erwähnten harzigen Körper ausschliesst; die löslichen sind scheinbar dadurch von einander verschieden, dass sie in der Ackererde in Verbindung mit verschiedenen anorganischen Körpern vorkommen; so dass derselbe organische Stoff, der mit Kali eine lösliche Verbindung eingeht, mit Eisenoxyd oder Kalk eine unlösliche Verbindung bildet. Zwei organische Bestandtheile verbinden sich aber nicht mit Basen und sind in Wasser unlöslich, ebenso wie in Alkalien.

Bis jetzt kennt man in der Ackererde sieben verschiedene organische Körper. Sie sind: Quellsäure, Quellsatzsäure, Geinsäure, Huminsäure und Humin, Ulminsäure und Ulmin. Das Humin und Ulmin sind in Wasser und Alkalien unlöslich, die anderen leicht löslich in Alkalien und mehr oder weniger in Wasser. Ihre Quantität ist in verschiedenen Bodenarten bedeutend verschieden, ebenso ihr Aussehen und viele ihrer Eigenschaften, aber nach dazu angestellten Versuchen scheint es nicht richtig, mehre derselben anzunehmen.

Die Kenntniss dieser Stoffe ist wichtig. Ich theile dieselben in quellartige und humusartige ein, und zähle zu letzteren: die

Geinsäure, Huminsäure und das Humin, die Ulminsäure und das Ulmin; zu ersteren die Quellsäure und Quellsatzsäure.

Keiner dieser Stoffe ist in guter Ackererde, d. h. in solcher, deren organische Bestandtheile so weit wie möglich zersetzt sind, stickstoffhaltig; aller Stickstoff kommt als Ammoniak in denselben vor, und da nun fünf der aufgezählten Bestandtheile der Ackererde Säuren sind, so können fünf verschiedene Ammoniaksalze, aber auch Doppelsalze von Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyd mit diesen Säuren gebildet werden, die, weil sie in Wasser löslich sind, den Pflanzen in löslichem Zustande dargeboten werden können.

Wenn man Ackererde mit Wasser auslaugt, so zieht man eine Menge Salze aus derselben aus. Drei verschiedene Ackererde-Arten gaben in 100 Theilen:

0,424
2,771
1,540

an Salzen [1]. Diese Salze sind Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Chlorammonium, und Ameisensäure, Essigsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure, Quellsäure, Quellsatzsäure, Huminsäure, an die Basen der genannten Salze gebunden. Man nennt sie zusammen *Humusextract.*

Alkalien ziehen aus den so mit Wasser behandelten Bodenarten Stoffe aus, welche sich durch Säuren präcipitiren lassen. Diese sind für verschiedene Bodenarten bisweilen verschieden, und zwar dreierlei. Es ist entweder

Geinsäure
$C^{40} H^{24} O^{14}$
oder Huminsäure
$C^{40} H^{24} O^{12}$
oder Ulminsäure
$C^{40} H^{28} O^{12}$.

Letztere entsteht zuerst bei der Fäulniss indifferenter vegeta-

[1]) Scheikundige Onderzoekingen, Deel II, p. 92.

bilischer Substanzen; es wird aus derselben unter Sauerstoffabsorbtion Huminsäure, und unter derselben Absorbtion Geinsäure.

Von diesen in Alkalien löslichen Stoffen, welche durch Säuren aus denselben präcipitirt werden, gaben die obengenannten drei Bodenarten in 100 Theilen

4,249
5,289
8,667.

Die in Alkalien unlöslichen Stoffe (Ulmin und Humin) können durch die Zersetzung, in welcher die Bestandtheile des Bodens stets verkehren, löslich gemacht und also in Ulminsäure und Huminsäure verwandelt werden.

Die so eben genannte und also bedeutende Menge organischer Stoffe, welche wir zusammen *humusartige* nennen, kann also theilweise den Pflanzen dargeboten werden, wenn nur ein Alkali vorhanden ist, in welchem sie löslich gemacht werden. Dieses Alkali kann eins der fixen Alkalien sein, oder und zwar besonders Ammoniak, welches auf die nachher zu erwähnende Weise so leicht aus der in der Ackerde eingeschlossenen Luft gebildet werden kann. Die humusartigen Stoffe fügen sich also als Stoffe, welche den Pflanzen als Nahrung dargeboten werden können, zu den vorhin genannten in reinem Wasser löslichen Salzen, wenn nur Ammoniak hinzutritt, welches sie in Wasser löslich macht, so dass sie, wenn die Pflanzen nicht etwa wählen können — was sich nicht denken lässt — mit den in reinem Wasser löslichen Salzen von den Würzelchen der Pflanzen aufgenommen werden *müssen.*

In der Flüssigkeit, aus welcher durch eine Säure die humusartigen Stoffe präcipitirt sind, sind noch Quellsatzsäure und Quellsäure vorhanden, welche durch essigsaures Kupfer und darauf durch Zusatz von kohlensaurem Ammoniak ebenfalls gesammelt und in Menge untersucht werden können. Auf die erste Weise erhält man quellsatzsaures Kupfer, welches ungefähr 50% Quellsatzsäure enthält, während man auf die letztere

Weise das quellsaure Kupfer bekommt, welches eine veränderliche Menge von 40 — 70 % Quellsäure enthält. Die drei genannten Bodenarten gaben so:

Quellsatzsaures Kupfer
1,865
1,228
0,701.

Quellsaures Kupfer.
0,774
1,901
1,260.

Auch diese beiden Säuren können, so wie sie in der Ackererde vorkommen, aus ihren unlöslichen Verbindungen mit Kalk und Eisenoxyd, durch den Zutritt von Ammoniak, Kali, Natron, in lösliche Salze übergehen. Wenn also nur Ammoniak zutritt, so hat die Ackererde, und zwar oft in ziemlich bedeutender Menge, fünf verschiedene Stoffe, welche den Pflanzen im löslichen Zustande dargeboten werden können, und die also für das Wachsthum der Pflanzen von der höchsten Wichtigkeit sind.

Wir werden von der Entstehung aller dieser Substanzen und von ihrem Einflusse auf das Pflanzenleben am besten eine kurze Uebersicht geben, wenn wir mit den humusartigen anfangen, und dann die quellartigen folgen lassen.

Es müssen indess einige Worte über das Ammoniak vorausgeschickt werden, jenen für das Wachsthum der Pflanzen so wichtigen Körper, der einmal als Basis zur Auflösung der fünf genannten Säuren, und also ebenso wie die als Dünger so vortreffliche Pflanzenasche, eine Hauptrolle spielt, anderentheils als stickstoffhaltiger Körper, und zwar als der einzige in gut zersetzter Ackererde vorkommende, eine besondere Auszeichnung verdient.

Dass dieses Ammoniak nicht durch das Regenwasser aus der Atmosphäre dem Boden zugeführt wird, ist, wie ich glaube, aus *Liebig's* eigenen Versuchen zu schliessen (vgl. S. 116). Die in der Atmosphäre vorhandene Menge desselben

ist zu klein und niemals bestimmt worden; sie scheint sogar zu klein zu sein, um bestimmt zu werden; man hat Mühe, sie zu entdecken.

Es ist aber eine allgemeine Eigenschaft des Stickstoffgases, und also auch der Atmosphäre, dass es in einem begrenzten Raum mit faulenden und also Wasserstoff entwickelnden Stoffen in Berührung mit dem Wasserstoff Ammoniak bildet. Diese Eigenschaft des Stickstoffs ist bekannt; sie ist die Grundlage der Salpeterbildung, der, wie *Liebig* mit Recht bemerkt, die Ammoniakbildung vorausgeht. In der Ackererde ist nun eingeschlossene Luft stets mit feuchten, faulenden Substanzen in Berührung. Diese Luft würde Salpeter bilden, wenn nur Basen genug vorhanden wären; sie würde das auch ohne faulende organische Körper thun. Auf Ceylon sind 22 natürliche Salpetergruben, ohne dass organische Stoffe, welche den Stickstoff liefern könnten, zugegen sind. Der Stickstoff wird von der in jenen Höhlen eingeschlossenen Luft geliefert, und hierbei wird unter günstigen Verhältnissen sogar Wasser zersetzt, Ammoniak gebildet, und dieses wird später an den Stellen, an welchen die Luft freier hinzutreten kann, zu Salpetersäure oxydirt, welche sich mit den Basen der Wandungen der Höhlen zu salpetersauren Salzen verbindet.

Dies Alles würde in der Ackererde ebenso geschehen, wenn nicht organische Stoffe vorhanden wären, welche den Sauerstoff aufnehmen, und so verhinderen, dass das Ammoniak in Salpetersäure übergehe. In dem porösen Boden, in welchem die feuchte Luft eingeschlossen ist, wird der Stickstoff nur mit dem Wasserstoff der organischen Körper zu Ammoniak verbunden, während der Sauerstoff des Wassers und der Luft verbraucht wird, um die organischen Stoffe höher zu oxydiren. So wird denn aus dem ersten Zersetzungsprodukt der organischen Stoffe, aus der Ulminsäure $C^{40} H^{28} O^{12}$, Huminsäure $C^{40} H^{24} O^{12} + 2 H^2 O$, und aus dieser Geinsäure $C^{40} H^{24} O^{14}$ gebildet; und auch diese wird nun weiter zu Quellsatzsäure und Quellsäure oxydirt, wie wir weiter unten auseinandersetzen werden.

Es möge genug sein, wenn wir hier wiederholen, dass das Ammoniak in der Ackererde, so wie in den natürlichen Salpetergruben auf Ceylon aus dem atmosphärischen Stickstoff gebildet wird, und dass der Sauerstoff der Luft die organischen Stoffe nach einander in Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure verwandelt, anstatt Salpetersäure zu bilden.

Was hier von der Ammoniakbildung aus dem in feuchter Ackererde eingeschlossenen atmosphärischen Stickstoff gesagt ist, ist anderswo (Scheikundige Onderz., Deel II) ausführlicher behandelt. Alle poröse Körper, wenn sie nur feucht, mit atmosphärischer Luft angefüllt und einer gewissen Temperatur ausgesetzt sind, bilden also Ammoniak [1]). Der poröse Kalk unserer Mauern, in feuchten Lokalen, enthält dadurch Ammoniak und später salpetersauren Kalk; feuchte Holzkohle bekommt dadurch Ammoniak, und bildet später durch Oxydation jene humusextractartigen Stoffe, welche *Büchner* bis zu 2% in Holzkohle fand, in welcher *Lucas* Pflanzen gebaut hatte, welche Stoffe grösstentheils aus quellsatzsaurem Ammoniak bestehen, das durch Oxydation aus der Holzkohle gebildet worden ist.

In dieser Ammoniakbildung aus den Bestandtheilen der Atmosphäre und des Wassers muss die Ursache einer der wichtigsten Thatsachen für das Wachsthum der Pflanzen gesucht werden; dieser langsamen Ammoniakbildung hat man es zuzuschreiben, dass die in Wasser unlöslichen organischen Bestandtheile des Bodens in Wasser löslich gemacht werden, und so den Pflanzen wirklich als organische Nahrungsstoffe dargeboten werden können, selbst dann, wenn dem Boden keine ammoniakhaltige Düngstoffe zugeführt werden, durch welche die fünf genannten Säuren alle in sehr lösliche Salze verwandelt werden.

Die *humusartigen Stoffe*, oder die, welche durch Alkalien

[1]) Vgl. *Kuhlmann*, Ueber die Salpeterbildung in den Annalen der Pharmacie. Bd. 29, S. 272, der die Ammoniakbildung, welche der Salpeterbildung vorausgeht, schon im Jahre 1839 ausser Zweifel gestellt hat.

aus der Ackererde ausgezogen und durch Säuren aus der alkalischen Lösung gefällt werden, stimmen, aus welcher Art von schwarzer Erde sie auch genommen sein mögen, unter einander in vieler Hinsicht überein, und auf eine ganz wunderbare Weise mit den Stoffen, welche unter dem Einflusse vieler chemischen Agentien, aus den allgemein im Pflanzen- und Thierreich verbreiteten Stoffen erhalten werden können. Dies zeigt uns eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen der Fäulniss und chemischen Wirkung, aber auf der anderen Seite auch eine Verwandlung heterogener Körper in denselben Stoff, durch welche wir gleichsam von selbst auf eine gewisse Aehnlichkeit in der Gruppirung der Elemente jener Körper geführt werden. Wenn wir doch aus Holzfaser durch Fäulniss und durch eine Säure, aus Stärkmehl, Gummi und Zucker durch Fäulniss und durch eine Säure, aus Protein durch Fäulniss und durch eine Säure, aus Holzfaser durch Fäulniss, durch eine Säure und durch Hitze (im Russ der Schornsteine) immer ganz dieselben chemischen Stoffe entstehen sehen, so ist dies ein unwiderleglicher Beweis dafür, dass Fäulniss, Säuren und die Hitze dieselbe Wirkung auf jene Körper ausüben und also in ihrem chemischen Einflusse mit einander übereinstimmen müssen. Da nun die Fäulniss eine chemische Wirkung ist, und eine Erscheinung, welche unmittelbar der individuellen Lebensthätigkeit folgt, so gelangt man gleichsam von selbst zu dem Schlusse, dass jene individuelle Lebensthätigkeit in hohem Grade von chemischer Wirkung beherrscht, und zwar durch eine andere Reihe chemischer Wirkungen bedingt wird, als jene, bei welchen Fäulniss eintritt.

Andererseits ist man aber zu dem Schlusse berechtigt, dass, da unter so ganz verschiedenen Umständen (Fäulniss und Einwirkung einer Säure) und aus so sehr verschiedenen Stoffen (Holzfaser und Protein, Stärkmehl und Phloridzin [1]) diesel-

[1]) Nitrohuminsäure und Nitrophloretinsäure sind identisch, beide gleich quellsatzsaurem Ammoniak. (Scheik. Onderz., Deel, II, p. 105.)

ben Stoffe entstehen, in allen jenen ungleichartigen complexen Stoffen, Protein, Holzfaser, Stärkmehl, Gummi, Zucker, Phloridzin und noch vielen anderen, eine ähnliche Gruppirung der Molecüle stattfinde, oder eine verborgene Verbindung bestehe, deren Prototyp die Huminsäure und das Humin darstellt, und die unter so ganz verschiedenen Umständen aus jenen verschiedenen Stoffen immer entsteht. Wir haben hier wieder eine allgemeine Grundlage der Einrichtung der organischen Welt, welche dieselbe durch den einfachen ihr zu Grunde liegenden Gedanken in ein schönes Licht stellt.

In der Ackererde kommt ein humusähnlicher Stoff vor, der in Alkalien unlöslich ist. Ein ähnlicher Stoff wird auch in den Produkten, welche aus der Einwirkung von Säuren auf Zucker u. s. w. entstehen, gefunden. Die Zusammensetzung der letzteren ist bekannt, die der ersteren ist schwer zu finden, weil so leicht mit den unlöslichen Fäulnissstoffen solche vermengt bleiben, welche heterogen sind und sich nur schwer trennen lassen; z. B. bei faulem Holz, Holz, das noch nicht ganz in Fäulniss übergegangen ist. Man hat indess Grund, zu vermuthen, dass der in Alkalien unlösliche Stoff der Ackererde mit dem, welcher durch Säuren aus Zucker u. s. w. bereitet wird, ebenfalls übereinstimmen wird.

Die Zusammensetzung der in Alkalien löslichen humusartigen Stoffe zerfällt in drei Klassen, deren erste als aus Kohlenstoff und den Elementen des Wassers zusammengesetzt gedacht werden kann, deren zweite mehr Wasserstoff enthält, als der Sauerstoff zur Wasserbildung braucht, während die dritte mehr Sauerstoff enthält: Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure.

Die Zusammensetzung derselben ist folgende:

	C	H	O	H^2O	O
Ulminsäure durch Säuren aus Zucker erhalten	40	28	12		
Ulmin aus demselben	40	28	12 + 2		
Ulminsäure aus langem friesischem Torf	40	28	12 + 4		
Huminsäure durch Säuren aus Zucker erhalten.	40	24	12		

	C	H	O	H^2O	O
Humin aus demselben	40	24	12	+ 3	
Huminsäure aus hartem Torf	40	24	12	+ 3	
Huminsäure aus einem faulenden Baume	40	24	12	+ 4	
Huminsäure aus einer Art von Ackererde	40	24	12	+ 4	
Huminsäure aus Russ	40	24	12	+ 4	
Geinsäure aus zwei Ackererde-Arten .	40	24	12	+ 3	+ 2
Huminsäure aus einer Wiese	40	24	12	+ 2	
Huminsäure aus einer Art von Ackererde	40	24	12	+ 5	
Huminsäure aus Protein durch Salzsäure	40	24	12	[1]	

[1]) Bulletin, 1840, p. 1.

Ulminsäure aus Zucker bei 195°.

	gef.	At.	ber.
C	68,95	40	68,98
H	4,23	28	3,94
O	26,82	12	27,08.

Ulminsäure bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	65,27	40	65,65
H	4,52	32	4,28
O	30,21	14	30,07.

Ulminsäure aus langem friesischem Torf bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	61,85	40	62,62
H	4,79	36	4,62
O	33,36	16	32,76.

Humin aus Zucker bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	64,67	40	64,44
H	4,32	40	3,94
O	31,01	15	31,62.

Huminsäure aus Zucker in Verbindung mit Silberoxyd bei 100°.

	gef.	At.	ber.
C	49,05	40	49,36
H	3,23	30	3,02
O	24,58	15	24,21
AgO	23,14	1	23,41.

Fast alle diese Stoffe sind in der Ackererde mit Ammoniak verbunden, und enthalten eine verschiedene Menge Wasser, welches mit denselben verbunden bleibt, wenn sie bei derselben Temperatur von 140⁰ getrocknet werden. Sie sind deshalb nicht für dieselben, aber doch für analoge Körper zu halten; sie sind von einander durch Zufälligkeiten, nicht wesentlich verschieden. Man betrachte dieselben, insoweit sie nämlich zu einer der drei genannten Gruppen: Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure gehören, wie die verschiedenen Zuckerarten, denen unverkennbar $C^{12} H^{18} O^{9}$ zu Grunde liegt, obgleich bei vielen derselben nicht alles Wasser durch Basen ausgetrieben werden kann. (Vgl. Scheik. Onderz., Deel II, p. 88.)

Huminsaures Ammoniak aus hartem friesischem Torf bei 140⁰.

	gef.	At.	ber.
C	60,13	40	60,28
H	4,74	38	4,68
N	3,61	2	3,49
O	31,55	16	31,55

$= C^{40} H^{24} O^{12} + N^{2} H^{6} + 4 H^{2}O$.

Huminsaures Ammoniak aus einer alten Weide bei 140⁰.

	gef.	At.	ber.
C	59,06	40	58,98
H	4,96	40	4,82
N	2,80	2	3,41
O	33,18	17	32,79

$= C^{40} H^{24} O^{12} + N^{2} H^{6} + 5 H^{2}O$.

Geinsaures Ammoniak aus Ackererde bei 140⁰.

	gef.	At.	ber.
C	57,37	40	58,00
H	4,43	38	4,48
N	3,25	2	3,37
O	34,95	18	34,15

$= C^{40} H^{24} O^{14} + N^{2} H^{6} + 4 H^{2}O$.

Huminsaures Ammoniak aus der Ackererde einer Wiese bei 140⁰.

	gef.	At.	ber.
C	57,16	40	56,63
H	5,38	46	5,32
N	6,11	4	6,56
O	31,35	17	31,49

$= C^{40} H^{24} O^{12} + 2 N^{2}H^{6} + 5 H^{2} O$.

Wir wollen jetzt die Art und Weise, auf welche die drei genannten Gruppen gebildet werden, betrachten.

Ulmin und Ulminsäure entstehen aus Cellulose, Stärkmehl, Gummi, Zucker unter dem Einflusse von Säuren, wobei zugleich Ameisensäure gebildet wird; als Beispiel kann das folgende dienen:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker	42	70	35
1 Aeq. Ulmin . .	40	32	14
1 „ Ameisensäure	2	2	3
18 „ Wasser . .		36	18
	42	70	35.

Dass eine ähnliche Verwandlung stattfindet, wenn durch Fäulniss aus Cellulose oder anderen indifferenten Stoffen Ulmin oder Ulminsäure gebildet wird, steht fest; dann kann aber die Ameisensäure nicht, oder doch nicht ausschliesslich, gebildet werden, sondern es muss unter Absorbtion von O^2 $2\,(CO^2)$ und H^2O entstehen. Ebenso verhält es sich mit der Verwandlung der genannten Stoffe in Humin und Huminsäure, die in der Ackererde häufiger als Ulmin und Ulminsäure gebildet werden und die aus $C^{40}\,H^{24}\,O^{12}$ bestehen. Bei der Einwirkung von

Huminsaures Ammoniak aus Gartenerde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	57,87	40	57,72
H	4,98	42	4,97
N	3,52	2	3,34
O	33,53	18	33,97

$= C^{40}\,H^{24}\,O^{12} + N^2\,H^6 + 6H^2O.$

Huminsaures Ammoniak aus Protein durch Salzsäure bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	64,86	40	64,58
H	4,61	32	4,22
N	3,70	2	3,74
O	26,83	13	27,46

$= C^{40}\,H^{24}\,O^{12} + N^2\,H^6 + H^2O.$

Säuren auf Zucker entstehen sie beim Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs, z. B.

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker	42	70	35
1 Aeq. Humin . .	40	24	12
1 „ Ameisensäure	2	2	3
22 „ Wasser . .		44	12
	42	70	37,

wobei also O^2 aus der Atmosphäre aufgenommen wird, während in der Ackererde aus Zucker und O^4 bei der Fäulniss, statt der Ameisensäure 2 (CO^2) und H^2O gebildet werden.

Die Verwandlung des Zuckers in Humin oder Ulmin, oder in die entsprechenden Säuren bei der Fäulniss ist also eine einfache Umsetzung der Elemente. Ulmin entsteht also aus denselben bei Absorbtion von O^2, Humin von O^4, Geinsäure von O^6, folgender Maassen:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker + O^2	42	70	37
2 Aeq. Kohlensäure . .	2		4
19 „ Wasser		38	19
1 „ Ulmin	40	32	14
	42	70	37

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker + O^4	42	70	39
2 Aeq. Kohlensäure . .	2		4
23 „ Wasser		46	23
1 „ Humin	40	24	12
	42	70	39

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Zucker + O^6	42	70	41
2 Aeq. Kohlensäure . .	2		4
23 „ Wasser		46	23
1 „ Geinsäure	40	24	14
	42	70	41.

Was vom Zucker gilt, gilt auch von der Cellulose, vom Stärkmehl, vom Gummi, vom Inulin, von der Moosstärke u. s. w. Pflanzenschleim, Pectin und andere hierher gehörende, allgemein in den Pflanzen verbreitete Stoffe brauchen keinen Sauerstoff aus der Atmosphäre zu absorbiren, wenn sie in Humin übergehen. Sie bestehen aus $C^{12} H^{16} O^{10}$, und werden also, nach dem für den Zucker angegebenen Schema, geben:

	C	H	O
½ von 7 Aeq. Pectin . .	42	56	35
2 Aeq. Kohlensäure . .	2		4
16 „ Wasser		32	16
1 „ Humin	40	24	12
	42	56	32.

Es bleibt hier also noch O^3 übrig, so dass Cellulose, Stärkmehl, Zucker u. s. w., mit einer gewissen Menge Pectin oder Schleim vermengt, Humus bilden und der Atmosphäre Kohlensäure mittheilen könnten, ohne Sauerstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen.

Diese indifferenten Stoffe bilden nun die Hauptmasse der Pflanzen. Dass sie auf die vorhin angegebene Weise zersetzt werden, ist in hohem Grade wahrscheinlich. Von einigen organischen Substanzen lässt sich die Weise der Humificirung nicht mit Wahrscheinlichkeit angeben; von vielen anderen liesse sie sich indess mit Wahrscheinlichkeit andeuten, allein die angeführten Beispiele der allgemein verbreiteten indifferenten Pflanzenstoffe mögen hier ausreichen.

Bei einem der Hauptbestandtheile des thierischen Körpers, beim Protein, ist diese Humusbildung ebenso einfach, wie bei den Hauptbestandtheilen der Pflanzen. Unter dem Einflusse der Salzsäure und des atmosphärischen Sauerstoffs wird dasselbe auf folgende Weise in Huminsäure verwandelt [1]:

[1]) Bulletin 1840, p. 74.

	C	H	N	O	Cl
1 Aeq. Protein . . .	40	62	10	12	
4 „ Salzsäure . .		8			8
4 „ Sauerstoff . .				4	
	40	70	10	16	8.

Diese bilden:

	C	H	N	O	Cl
1 Aeq. Humin . . .	40	30		15	
1 „ Ammoniak . .		6	2		
1 „ Wasser . . .		2		1	
4 „ Chlorammonium		32	8		8
	40	70	10	16	8.

Bei der Humusbildung aus Protein beim Zutritt von O^4 aus der Luft entsteht ebenfalls Humin und Ammoniak:

	C	H	N	O
1 Aeq. Protein + O^4	40	62	10	16
1 „ Humin . .	40	30		15
1 „ Wasser . .		2		1
5 „ Ammoniak .		30	10	
	40	62	10	16.

Die anderen Hauptbestandtheile des thierischen Körpers sind in dieser Hinsicht nicht untersucht; man weiss also nicht, was für eine Veränderung sie in der Erdrinde erfahren, wenn sie der Humificirung ausgesetzt werden.

Wenn nun gleich je nach den Umständen die Zersetzungsprodukte der organischen Stoffe verschieden sind, und die obenstehenden Tabellen also nur die Zersetzung in *einem* bestimmten Falle darstellen, so folgt doch aus dem Mitgetheilten, dass die verschiedensten Produkte des Pflanzen- und Thierreichs, und näher die Hauptbestandtheile desselben, sowohl unter dem Einflusse chemischer Agentien, wie unter dem Einflusse der Humusbildung, dieselben Stoffe erzeugen, die einen Hauptbestandtheil des Bodens, der schwarzen Erdschichte ausmachen.

Die Ulmin- oder Humin- oder Geinsäure, wie sie auch im-

mer bereitet sein mögen, haben die Fähigkeit, Ammoniak und Wasser zu einer Menge einiger Procente zu verdichten. Das Wasser kann nur bei sehr hohen Temperaturen aus denselben ausgetrieben werden. Die Wassermenge, welche bei 140° entweicht, ist in den verschiedenen Humin- und Ulmin-Arten von 8 bis 16% beobachtet worden [1]). Erst bei 195° sind diese Stoffe wasserfrei. Dieses starke hygroskopische Vermögen fördert das Wachsthum der Pflanzen bedeutend. In der Ackererde kommt die Humin- und Geinsäure immer an Ammoniak gebunden vor; alles Ammoniak, das bei der Fäulniss stickstoffhaltiger Stoffe (Protein von Pflanzen und Thieren u. s. w.) entwickelt, oder aus den Bestandtheilen der Atmosphäre und des Wassers durch die Verdichtung in der porösen Erde gebildet wird, wird mit der Humin- oder Geinsäure zu huminsaurem oder geinsaurem Ammoniak verbunden, die in verschiedenen Bodenarten verschieden vorgefunden werden. In verschiedenen Boden- und Torfarten werden nämlich bei 140° folgende huminsaure und geinsaure Ammoniaksalze angetroffen:

In Torf	$C^{40}H^{24}O^{12}$	$+ N^2H^6 + 4\,H^2O$.
In einem faulenden Baume	id.	$+ N^2H^6 + 5\,H^2O$.
In Erde aus einem Baumgarten	„	$+ 2\,N^2H^6 + 4\,H^2O + O^2$.
In Gartenerde	„	$+ 2\,N^2H^6 + 4\,H^2O + O^2$.
In Erde von einer Wiese .	„	$+ 2\,N^2H^6 + 5\,H^2O$.
In Gartenerde, in welcher kleine Eichen wuchsen	„	$+ N^2H^6 + 5\,H^2O$.
In Gartenerde, in welcher Johannisbeersträuche wuchsen	„	$+ N^2H^6 + 6\,H^2O$.

Die Fähigkeit der Ulmin- oder Humin- oder Geinsäure, Ammoniak zu verdichten, ist so stark, dass diese Säuren, durch Salzsäure aus Zucker bereitet, fast immer Ammoniak enthalten,

[1]) Bulletin 1840, p. 10, 47, 50.

wenn man sie nicht vorsichtig von der Luft abschliesst. Das immer in der Atmosphäre vorhandene, oder aus derselben auf die oben angeführte Weise gebildete Ammoniak (so das Ammoniak, welches die Salzkrüstchen um den Hals der mit Phosphorsäure u. s. w. gefüllten Flaschen, und die Flüssigkeitschichtchen an dem Halse der mit Salpetersäure u. s. w. gefüllten Flaschen bildet) verbindet sich mit der Gein-, Humin- oder Ulminsäure und bildet zuletzt geinsaures, huminsaures, ulminsaures Ammoniak. Diese Eigenschaft hat *Hermann* gewiss irre geführt, als er glaubte, dass die aus Zucker bereitete Huminsäure Stickstoff enthalte [1]). Dieser Eigenschaft ist ein sehr wichtiger Dienst der Ackererde zuzuschreiben, nämlich die Bindung des aus der Atmosphäre verdichteten oder bereiteten Ammoniaks, wodurch also den Pflanzen Stickstoff geliefert wird, während die Ackererde ebenso das bei der Fäulniss stickstoffhaltiger Substanzen entstandene Ammoniak zurückhält, so dass das Wachsthum der Pflanzen durch diese stickstoffhaltigen Düngstoffe bedeutend vermehrt wird.

Durch dieses Ammoniak wird auch die Gein-, Humin-oder Ulminsäure der Ackererde in Wasser löslich, und so kann sie von den Würzelchen der Pflanzen aufgenommen werden, ebenso wie viele anorganische Salze von denselben aufgenommen werden, z. B. die Verbindungen der Schwefelsäure, des Chlors u. s. w. mit Alkalien. Das Ammoniak ist also eine Basis im Boden mehr, die sich an das Kali, die Bittererde, oder das Natron, den Kalk, das Eisen- und Manganoxyd anschliesst, um eine Reihe ulminsaurer, huminsaurer, geinsaurer Salze zu bilden, von denen einige in Wasser löslich, andere unlöslich sind.

In dem Verhältnisse, in welchem die Menge des Ammoniaks grösser ist, in dem Maasse vertritt es die anderen Basen, wie

[1]) Journal für praktische Chemie 1841, Bd. I, S. 68. *Hermann's* ganze Abhandlung in diesem und den folgenden Bänden 1841, Bd. II, S. 375, und 1842, Bd. I, S. 189, trägt in sich selbst die Beweise der Ungenauigkeit seiner Resultate.

das Eisen- und Manganoxyd, und verwandelt so die in Wasser unlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen dieser mit Geinsäure, Huminsäure oder Ulminsäure in leicht lösliche Verbindungen dieser Säuren mit Ammoniak. Je reichlicher also Ammoniak liefernde Stoffe im Boden faulen, desto reichlicher müssen lösliche Ammoniaksalze mit jenen Säuren gebildet werden.

So viel von den humusartigen Stoffen der Ackererde, d. h. von denen, welche durch Alkalien aus derselben ausgezogen werden können, und aus den alkalischen Lösungen durch Säuren wieder gefällt werden. Es sind in der Ackererde noch zwei andere sehr beachtenswerthe Bestandtheile enthalten, nämlich die *Quellsäure* und *Quellsatzsäure,* die ebenso wie die humusartigen als Doppelsalze im Boden vorkommen, d. h. als Ammoniak-, Kali-, Natron-, Kalk-, Bittererde-, Eisen-Salze, und also theilweise in Wasser löslich, theilweise unlöslich sind, aber stets durch Ammoniak löslich gemacht werden können.

Die Zusammensetzung dieser Säuren ist folgende: die der Quellsatzsäure nämlich:

$$C^{48}\ H^{24}\ O^{24}.$$

die der Quellsäure:

$$C^{24}\ H^{24}\ O^{16}.$$

Diese Säuren kommen natürlich niemals frei in der Ackererde vor. Sie verbinden sich innig mit Ammoniak, so dass sie den Charakter eines quaternairen organischen Körpers annehmen. Durch die Behandlung mit Kali bei einer höheren Temperatur verlieren sie aber diesen Ammoniakgehalt gänzlich. Aber ausser an Ammoniak sind diese Säuren an andere Basen im Boden gebunden, und zwar so, dass das Ammoniaksalz fast immer einen Bestandtheil eines doppelten quellsatzsauren oder quellsauren Salzes mit Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyd bildet.

Aus den drei obengenannten (S. 156) und anderen Bodenarten sind folgende quellsatzsaure und quellsaure Salze analysirt, und zwar in der Form von doppelt quellsatz — oder quell-

sauren Salzen von Ammoniak und Kupfer, so wie sie bei der Bereitungsweise erhalten waren. An diesen Säuren beobachtet man dasselbe, was man bei der Ulminsäure, Huminsäure und Geinsäure sieht, dass nämlich diese Stoffe äusserst schwer zu trocknen sind, und, bei derselben Temperatur getrocknet, eine verschiedene Wassermenge zurückhalten, und zwar eine um so grössere, je kleiner die Menge der mit der Säure verbundenen Basis ist. Aus den genannten Bodenarten wurden quellsatzsaure Salze von Kupferoxyd und Ammoniak erhalten, welche für die organischen Bestandtheile Folgendes geliefert haben:

$$C^{48} H^{24} O^{24} + 1\tfrac{1}{2} N^2 H^6 + 5 \text{ aq.}$$

$$C^{48} H^{24} O^{24} + \tfrac{1}{2} N^2 H^6 + 10 \text{ aq.}$$ [1]).

[1]) Scheik. Onderz., Deel II, p. 99.

Quellsatzsaures Ammoniak aus zwei Arten von Ackererde bei 140°.

	gef. I.	gef. II.	At.	ber.
C	51,89	50,83	48	51,66
H	3,75	4,16	43	3,78
N	3,37	4,09	3	3,74
O	40,99	40,92	29	40,82.

$$= C^{48} H^{24} O^{24} + 1\tfrac{1}{2} N^2 H^6 + 5 H^2O.$$

Quellsatzsaures Ammoniak aus zwei anderen Arten von Ackererde bei 140°.

	gef. I.	gef. II.	At.	ber.
C	48,37	48,18	48	49,24
H	3,90	4,04	47	3,94
N	1,11	1,48	1	1,19
O	46,62	46,30	34	45,63

$$= C^{48} H^{24} O^{24} + \tfrac{1}{2} N^2 H^6 + 10 H^2O.$$

Quellsatzsaures Ammoniak durch Salpetersäure aus Huminsäure von Zucker bei 110° erhalten.

	gef.	At.	ber.
C	55,43	48	55,10
H	3,49	34	3,19
N	2,98	2	2,66
O	38,10	26	39,05

$$= C^{48} H^{24} O^{24} + N^2 H^6 + 2 H^2O.$$

Die Quellsatzsäure ist eine fünfbasische Säure, und kann sich also mit 5 Aeq. Wasser oder mit gleich viel Basis verbinden. So verhält es sich wenigstens mit der künstlich dargestellten. Die im Boden vorkommende kann vielleicht ebenso wie die Hu-

Neutrales quellsatzsaures Blei-Ammoniak bei 110°.

	gef.	At.	ber.
C	28,97	48	29,98
H	1,88	34	1,73
N	1,80	2	1,45
O	22,67	26	21,20
PbO	44,68	4	45,64.

$$= C^{48} H^{24} O^{24} + N^2 H^6 + 4 PbO + 2 H^2O.$$

Wasserfreie Quellsatzsäure.

	gef.	At.	ber.
C	59,06	48	59,00
H	2,87	24	2,41
O	38,07	24	38,59.

Quellsaures Ammoniak aus Ackererde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	44,98	14	45,59
H	5,50	34	5,27
N	3,88	2	4,41
O	45,64	18	44,73

$$= C^{24} H^{24} O^{16} + N^2 H^6 + 2 H^2O.$$

Quellsaures Ammoniak aus einer anderen Ackererde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	45,77	24	45,53
H	5,35	31	5,11
N	1,94	1	2,20
O	46,94	18	47,16.

$$= 2 (C^{24} H^{24} O^{16} + H^2O) + N^2 H^6 + H^2O.$$

Quellsäure aus einer dritten Art von Ackererde bei 140°.

	gef.	At.	ber.
C	46,87	24	46,78
H	4,97	30	4,77
O	48,16	19	48,45.

$$= C^{24} H^{24} O^{16} + 3 H^2O.$$

Die aus der Ackererde isolirten quellsatzsauren und quellsauren Salze, deren Zusammensetzung hier oben mitgetheilt ist, waren ebenso, wie die Quellsäure, mit Kupferoxyd verbunden.

mussäure mehre Aeq. Wasser, und also auch mehre Aeq. Basis aufnehmen.

Künstlich wird die Quellsatzsäure auf vielfache Weise bereitet, besonders aber nach zwei für unseren jetzigen Zweck wichtigen Methoden.

Wenn nämlich Salpetersäure auf Huminsäure einwirkt, von welchem Ursprung letztere auch sein mag, oder auf Holzkohle, dann entsteht quellsatzsaures Ammoniak. In allen den Fällen, in welchen die Salpetersäure aus gewissen Substanzen Huminsäure bilden kann, ist also das letzte Produkt quellsatzsaures Ammoniak. Phloridzin wird z. B. durch verdünnte Salpetersäure in Phloretin und Traubenzucker verwandelt; Traubenzucker durch verdünnte Salpetersäure in Huminsäure, und die Huminsäure endlich in Quellsatzsäure. Phloridzin giebt also mit Salpetersäure behandelt Quellsatzsäure, aber stets an Ammoniak gebunden:

$$C^{48} H^{24} O^{24} + N^2 H^6 + 2 H^2O.$$

Dies ist die Zusammensetzung einer Verbindung, welche aus Huminsäure von Zucker, Ackererde und Torf durch Salpetersäure erhalten und bei 140° getrocknet ist, und also quellsatzsaures Ammoniak. Derselbe Stoff, mit Ammoniak gesättigt und bei 120° getrocknet, gab

$$C^{48} H^{24} O^{24} + 3 N^2H^6, 3 aq.,$$

während ein Bleisalz aus neutralem essigsaurem Blei und einer Lösung von neutralem quellsatzsaurem Ammoniak, bei 110° getrocknet,

$$C^{48} H^{24} O^{24} + N^2 H^8 O + 4 PbO, aq. \text{ gab.}$$

Das letzte Aeq. Wasser kann wahrscheinlich bei einer höheren Temperatur noch ausgetrieben werden; da sich aber das Salz leicht zersetzt und schwer trocknet, so ist dies nicht versucht.

Die künstliche Säure kann also als fünfbasisch betrachtet werden. Sie gehört ebenso wie die Ulmin-, Humin- und Geinsäure zu den gallertartigen Stoffen, die, wie die Thonerde, sich dem Wasser, Basen und Säuren gegenüber unter verschiedenen Verhältnissen verschieden verhalten, durch welche Eigenschaf-

ten sie sowohl verschiedene Basen zugleich, wie eine reichliche Wassermenge aufnehmen kann. Dadurch, dass sie fünfbasisch ist, werden unlösliche quellsatzsaure Salze, z. B. das Eisenoxyd, in Wasser löslich, wenn sie mit löslichen quellsatzsauren Salzen zu Doppelsalzen verbunden sind, und dadurch kann den Pflanzen mit den vier organischen Elementen zugleich eine Reihe von Basen zugeführt werden, und zwar in wechselnden Verhältnissen, je nachdem die Menge einer stärkeren Basis geringer, die einer schwächeren grösser ist. Aus den genannten Gründen können also quellsatzsaure Salze von folgender Zusammensetzung bestehen, die, indem sie alle in Wasser löslich sind und in der Ackererde vorkommen, den Pflanzen als Nahrung dargeboten werden können:

$C^{48} H^{24} O^{24} + 5\ N^2H^8O$

$C^{48} H^{24} O^{24} + 4\ N^2H^8O + KO$

$C^{48} H^{24} O^{24} + 3\ N^2H^8O + KO, CaO$

$C^{48} H^{24} O^{24} + 2\ N^2H^8O + KO, CaO\ MgO$

$C^{48} H^{24} O^{24} + \quad N^2H^8O + KO, CaO, MgO, FeO.$

Aus diesem Grunde ist die Quellsatzsäure für die Pflanzen von unberechenbarem Nutzen, und sie verdient demnach unzweifelhaft eine viel höhere Stelle in der Reihe für die Pflanzen nützlicher Substanzen, als die humusartigen Säuren.

Aus diesen letzteren entsteht in der Ackererde die Quellsatzsäure. Wir haben gesehen, dass, wenn Salpetersäure auf Huminsäure einwirkt, quellsatzsaures Ammoniak entsteht. Es wird hierbei, wenn reine Salpetersäure auf Huminsäure, Ulminsäure oder Geinsäure gegossen wird, woher diese auch rühren mögen, zugleich Ameisensäure und Kleesäure gebildet, z. B. aus 2 Aeq. Huminsäure und $N^2 O^{14}$, das von der Salpetersäure herrührt:

		$C^{80} H^{60} N^2 O^{74}$
1 Aeq.	Quellsatzsäure . .	$C^{48} H^{24} O^{24}$
1 „	Ammoniak . . .	$H^6 N^2$
24 „	Ameisensäure . .	$C^{24} H^{24} O^{36}$
4 „	Kleesäure . . .	$C^8 O^{12}$
2 „	Wasser	$H^4 O^2$
		$C^{80} H^{60} N^2 O^{74}$.

Bei dieser Einwirkung der Salpetersäure auf Huminsäure, welche sehr heftig ist, wird zugleich eine reichliche Menge Stickstoffoxyd entwickelt.

Auf solche Weise bildet sich die Quellsatzsäure in der Ackererde, und wird natürlich Kohlensäure, anstatt Kleesäure oder Ameisensäure gebildet. Das Ammoniak des Bodens, welches in demselben aus der eingeschlossenen atmosphärischen Luft unter dem Einflusse faulender organischer Stoffe und des Wassers gebildet wird, kann sich zu Salpetersäure oxydiren, und thut dies auch unzweifelhaft, wenn die zur Salpeterbildung nöthigen Basen zugegen sind. Lange Zeit hindurch wurde der Salpeter nur aus dem Boden gewonnen, an vielen Stellen von Aegypten, Indien u. s. w. Der Sauerstoff der im Boden vorhandenen Luft oxydirt den Wasserstoff und den Stickstoff des aus den Bestandtheilen der Atmosphäre gebildeten Ammoniaks zu Wasser und Salpetersäure. Aber diese Salpetersäure stösst, sobald sie gebildet wird, in der Ackererde auf einen Stoff, Huminsäure oder Humin, der unter der Einwirkung derselben in quellsatzsaures Ammoniak verwandelt wird und zugleich Kohlensäure, statt der Ameisensäure und Kleesäure bildet. Diese Verwandlung der Huminsäure in Quellsatzsäure geschieht allmälig, ebenso wie die ihr vorausgehende Ammoniakbildung. Es müssen, um 1 Aeq. Quellsatzsäure zu bilden, 2 Aeq. Huminsäure, 1 Aeq. Ammoniumoxyd und 76 Aeq. Sauerstoff verbraucht werden.

$$C^{80}\,H^{56}\,N^{2}\,O^{101}$$

1 Aeq.	Quellsatzsäure . .	$C^{48}\,H^{24}\,O^{24}$	
1 „	Ammoniak . . .	$H^{6}\,N^{2}$	
32 „	Kohlensäure . . .	$C^{32}\,O^{64}$	
13 „	Wasser	$H^{26}\,O^{13}$	

$$C^{80}\,H^{56}\,N^{2}\,O^{101}.$$

Das Ammoniak des huminsauren Ammoniaks wird bei dieser Bildung der Quellsatzsäure einfach von der Huminsäure auf die Quellsatzsäure übertragen, erfüllt aber noch einen anderen

Zweck, nämlich den, den Sauerstoff zu binden. Die Neigung, welche das Ammoniak zur Salpeterbildung hat, veranlasst die Verbindung jenes Sauerstoffs der im Boden eingeschlossenen atmosphärischen Luft mit den Elementen der Huminsäure, während das Ammoniak selbst unverändert bleibt, die Ackererde nicht verlässt und auch nicht zu Salpetersäure oxydirt wird. Wo keine organische Stoffe in Ueberfluss vorhanden sind, da entsteht bei feuchter Luft und bei der Gegenwart von Kalk, Bittererde, Kali, erst Ammoniak, und aus diesem Salpetersäure; wo nicht die Basen, sondern im Gegentheil die organischen Substanzen vorherrschen, da entsteht durch Fäulniss Huminsäure, ausserdem Ammoniak aus dem atmosphärischen Stickstoff, und endlich quellsatzsaures Ammoniak, Kohlensäure und Wasser.

Die Bildung von quellsatzsaurem aus huminsaurem Ammoniak durch Sauerstoffaufnahme schreitet bei der Sommerhitze im Boden (ausser in der obersten, der Luft ausgesetzten Schichte) immer weiter fort; jede gebildete kleine Menge kann, wenn nur Wasser genug vorhanden ist, als Doppelsalz von Quellsatzsäure, Ammoniak und anderen fixen Basen von den Würzelchen der Pflanzen aufgenommen werden, und indem der Boden dadurch von quellsatzsauren Salzen befreit wird, bildet sich aus der in grosser Menge vorhandenen Huminsäure oder dem Humin von neuem quellsatzsaures Ammoniak.

Die Bildung von Quellsatzsäure kann also in einem gewissen Sinne eine organische Salpeterbildung genannt werden [1]).

Bisher haben wir immer von der Huminsäure bei der Bildung der Quellsatzsäure gesprochen. Da in der Ackererde ein Stoff vorkommt, der anstatt $C^{40} H^{24} O^{12}$ die Zusammensetzung $C^{40} H^{24} O^{14}$ hat, nämlich die Geinsäure, so ist es wahrscheinlich, dass nicht die Huminsäure, sondern die Geinsäure zur Bildung der Quellsatzsäure Veranlassung giebt, so dass die Stoffe in

[1]) Die Thatsachen, auf welche diese Sätze sich stützen, findet man in Scheik. Onderz., Deel II.

folgender Ordnung auf einander folgen: Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatzsäure. Diese Reihe wird durch eine fünfte wichtige Substanz, ein letztes Oxydationsprodukt organischer Stoffe geschlossen, bevor sie ganz in Kohlensäure und Wasser verwandelt werden, nämlich durch die *Quellsäure*.

Die Zusammensetzung derselben ist, wie wir oben sahen, $C^{24} H^{24} O^{16}$. Diese Säure kommt ebenfalls an Ammoniak gebunden in der Ackererde vor, und bildet ebenfalls in Wasser lösliche Doppelsalze [1]. In allen Wasserarten, die mit organischen Stoffen in den Erdschichten in Berührung gewesen sind, kommen sie mit den quellsatzsauren Salzen vor. *Berzelius* fand dieselben zuerst in Quellwasser; sie kommen ebenfalls im Wasser der Gräben, Pfützen und im Meerwasser vor. In Verbindung mit Kupferoxyd, so wie das quellsatzsaure Ammoniak bei der oben erwähnten Analyse der Bodenarten gewonnen ist, hat das quellsaure Ammoniak ebenfalls einen veränderlichen Gehalt an Wasser und Ammoniak. Die untersuchten Arten gaben nach Abzug des Kupferoxyds:

$$C^{24} H^{24} O^{16} + N^2 H^8 O + aq.$$

$$2 (C^{24} H^{24} O^{16}) + N^2 H^8 O + 2 aq.$$

Nach der von *Berzelius* gegebenen Bestimmung des Mischungsgewichts des quellsauren Ammoniaks ist die Quellsäure vierbasisch, und es lässt sich also für die Quellsäure die folgende Reihe angeben, die abwechselnd in der Ackererde vorkommt:

$$C^{24} H^{24} O^{16} + 4 N^2 H^8 O.$$

$$C^{24} H^{24} O^{16} + 3 N^2 H^8 O, KO.$$

$$C^{24} H^{24} O^{16} + 2 N^2 H^8 O, KO, CaO.$$

$$C^{24} H^{24} O^{16} + N^2 H^8 O, KO, CaO, MgO.$$

Ebenso wie bei den quellsatzsauren Salzen wird die Menge des quellsauren Ammoniaks in diesen Salzen der Ackererde um so grösser sein, je mehr Ammoniak zugegen ist. Es ist nun bei der Sommerhitze in der feuchten Luft, welche in der Ackererde

[1]) Vgl. die Note auf S. 173.

eingeschlossen ist, eine fortwährende Neigung zur Ammoniakbildung vorhanden. Das Ammoniak wird also unter den Basen der quellsauren Salze, grade so wie unter denen der quellsatzsauren Salze, vorherrschen.

Nach *Berzelius* entsteht die Quellsatzsäure leicht aus der Quellsäure, wenn die atmosphärische Luft auf dieselbe einwirkt. Es wird hierbei Sauerstoff aufgenommen, und fast nichts, als Wasser gebildet:

	C	H	O
2 Aeq. Quellsäure	48	48	32
1 „ Quellsatzsäure . . .	48	24	24
+ O^4 aus der Luft = . . .		24	12.

Aber umgekehrt hat *Berzelius* beobachtet, dass Salpetersäure aus Quellsatzsäure Quellsäure bilden kann:

	C	H	O
1 Aeq. Quellsatzsäure . . .	48	24	24
1 „ Quellsäure	24	24	16
	24		8
Sauerstoff aus der Salpetersäure			40
24 Aeq. Kohlensäure. . . .	24		48.

Bei der fortwährenden Neigung zur Salpeterbildung im Boden muss also die Quellsatzsäure stets in Quellsäure verwandelt werden, und so wird denn die Reihe der Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatzsäure durch die Quellsäure geschlossen. In der obersten Schichte des Bodens dagegen, in welcher die Luft nicht eingeschlossen ist, und also die Neigung zur Salpeterbildung nicht besteht, muss im Gegentheil die Quellsäure in Quellsatzsäure verwandelt werden.

Alles, was wir hier von der Bildung der Quellsatz- und Quellsäure aus Ulmin-, Humin- und Geinsäure unter dem Einflusse warmer, feuchter, eingeschlossener Luft gesagt haben, gilt auch von der Holzkohle und im Allgemeinen von allen kohlenartigen Körpern. Aus Kohle bereitet man ja durch Salpetersäure Quellsatzsäure. Ohne hier in Wiederholungen zu verfallen, wird es klar sein, dass die Holzkohle dem Pflanzenwachs-

thum nützlich sein muss, weil, bei der mehrmals erwähnten organischen Salpeterbildung in feuchter Holzkohle aus atmosphärischer Luft, erst Ammoniak gebildet wird, welches Ammoniak die Neigung hat, sich zu oxydiren, wodurch Salpetersäure und Wasser gebildet werden; die gebildete Salpetersäure verwandelt die Holzkohle in Quellsatzsäure und in Ammoniak, und setzt die Quellsatzsäure durch fortschreitende organische Salpeterbildung in Quellsäure um. Es ist also nichts Auffallendes, wenn die Pflanzen in feuchter Kohle mit Holzasche vermengt wachsen.

Wir können diese kurze Darstellung der in der Ackererde vorgehenden Veränderungen hier schliessen; dieselben sind an sich klar genug. Indessen ist noch *eine* Thatsache beachtenswerth. Die Ulminsäure bildet sich aus organischen Stoffen, z. B. aus indifferenten, unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure, also aus Cellulose, Stärkmehl u. s. w.

	C	H	O
2 Aeq. Cellulose . .	48	84	42
1 „ Ulminsäure . .	40	28	12
8 „ Kohlensäure .	8		16
14 „ Wasser . . .		28	14
	48	56	42.

Von den 84 Aeq. Wasserstoff fehlen 28, wenn bei der Fäulniss oder Verwesung Ulminsäure, Kohlensäure und Wasser aus der Cellulose entstehen. Dieser Wasserstoff *in statu nascenti* unterstützt die Ammoniakbildung aus dem atmosphärischen Stickstoff. Ebenso verhält es sich mit der Bildung der Quellsatz- und Quellsäure.

Nehmen wir z. B.:

	C	H	O
2 Aeq. Huminsäure . .	80	48	24
1 „ Quellsatzsäure .	48	24	24
	32	24	

Wenn durch 64 Aeq. Sauerstoff aus der Luft aller Kohlenstoff zu Kohlensäure oxydirt wird, so bleiben hier wieder 24 Aeq. Wasserstoff übrig.

Dieser Wasserstoff, der frei wird, wird unzweifelhaft grösstentheils zu Wasser oxydirt; aber indem derselbe frei wird, fördert er die Ammoniakbildung aus dem atmosphärischen Stickstoff, und dadurch die wirkliche Salpeterbildung; in der Ackererde die erneuerte Bildung von Quellsatz - und Quellsäure.

Aus dem Obigen geht genügend hervor, dass unmöglich die Beobachtung von *de Saussure* richtig sein kann, dass die Ackererde ebenso viel Kohlensäure abgiebt, als sie Sauerstoff absorbirt. Die Gegenwart von Ulmin-, Quellsatz- und Quellsäure im Boden macht dies unmöglich.

Wir kommen so von selbst der grossen Frage näher: ob die Pflanzen dem Boden organische Substanzen entnehmen, wie quellsaure und quellsatzsaure, geinsaure, huminsaure und ulminsaure Salze, oder ob sie dies nicht thun, und *nur* von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser leben; oder endlich, ob sie beides thun. Es wäre unzweckmässig, hierüber jetzt eine ausführliche Auseinandersetzung zu geben; es gehört dies in das Kapitel von der *Pflanzenernährung*. Wir werden also hier nur zeigen, was den Pflanzen ausser den Stoffen, welche wir bisher angeführt haben, und die in der Ackererde niemals fehlen, aus der Atmosphäre und aus dem Boden dargeboten wird; was sie also ausser den schon genannten würden aufnehmen können, und auf welche Weise daraus Pflanzentheile gebildet werden.

Die schwarze Erdschichte besteht, was ihre organischen Theile betrifft, aus unlöslichem Ulmin und Humin, und aus löslichen ulminsauren, huminsauren, geinsauren, quellsatzsauren und quellsauren Salzen von Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyd. Man glaubte bis vor Kurzem ziemlich allgemein, dass die Humussäure [1]) vorzugsweise der Nahrungsstoff der Pflanzen sei, dass dieselbe unter gewissen Verhältnissen

[1]) Ich habe *Mulder's* acidum humicum $= C^{40}\ H^{24}\ O^{12}$ überall durch Huminsäure gegeben, während ich den älteren Namen der Humussäure mit dem man nach den Analysen von *Sprengel, Malaguti* und *Peligot* ganz verschiedene Substanzen bezeichnete, dort beibehielt, wo generell von der in

in Wasser löslich werden könnte, und dass die Würzelchen der Pflanzen die Lösung dieser Humussäure aufnähmen, so dass aus dieser selbst in der Pflanze neue Stoffe gebildet würden. Diese Humussäure nämlich ist aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, also aus dreien von den vier Grundstoffen, aus denen alle vegetabilische und animalische Theile gebildet sind. Das vierte Element, der Stickstoff, machte Schwierigkeit; man fand denselben nicht in der aus Zucker bereiteten Humussäure, und übersah ihn in der Säure, welche in der Ackererde vorkommt. (Sprengel.) Es fehlte also zu dem, was zur Bildung organischer Körper erfordert wird, ein wesentlicher Theil. *Boussingault* glaubte, dass das vierte Element, der Stickstoff, aus der Atmosphäre im Boden verdichtet würde; er versäumte aber zu zeigen, auf welche Weise dies geschieht.

Nach der früheren Vorstellung erhalten die Pflanzen alle ihre Nahrung aus dem Boden. Dem widersprechen aber sehr viele Beobachtungen. Zunächst leben viele Pflanzen nur in der Atmosphäre; andere haben ihre Wurzeln zwar in der Erde befestigt, aber in einer solchen Erde, die nur wenig lösliche, ja sogar nur wenige organische Substanzen enthält, und jedenfalls viel zu wenig, als dass die Pflanzen davon genährt werden könnten. Es ist bekannt, dass von gutem Thonboden, dessen organische Bestandtheile nur einen kleinen Theil ausmachen, jährlich Tausende von Pfunden an Pflanzen geerndtet werden, obgleich keine, oder nur sehr wenige Düngstoffe auf jenen Boden gebracht werden. Ist denn ein solcher Boden unerschöpflich an organischen Stoffen? Das Ungereimte davon springt in die Augen. Allein viel deutlicher ist noch das Beispiel der Heiden. Ein dürrer, mit einer dünnen Schichte organischer Stoffe bedeckter Sandboden wird umgepflügt und mit Pflanzen besäet. Mehr ist nicht nöthig, um in einigen Jahren eine dicke Schichte

Alkali löslichen Substanz in der Dammerde die Rede ist. Die Humussäure begreift also die fünf Säuren in sich, welche *Mulder* in dem Humus nachgewiesen hat. Anm. d. Uebersetz.

organischer Stoffe auf einem solchen Boden zu bilden, ohne dass von aussen etwas hinzugeführt wird. Hier liefern also die Pflanzen dem Boden organische Stoffe, anstatt dieselben dem Boden zu entnehmen.

Setzen wir hinzu, dass die üppige Weinrebe oft in einer künstlich auf die Ecke eines Felsens hingebrachten Handvoll Erde wächst; dass viele Cacteën sich an Felsen, auf welchen keine Ackererde vorkommt, festklammern und da fortleben; dass viele Orchideen wahre Luftpflanzen sind, und durchaus keinen Boden brauchen, sondern nur eine günstige Atmosphäre; dass in den Urwäldern, in welchen die Kunst jährlich Tausende von Pfunden wegnimmt, ohne je etwas hinzuführen, die Menge der den Boden bedeckenden organischen Stoffe stets zunimmt; dass manches Landgut sich gänzlich selbst erhält, so dass nichts auf die Aecker desselben gebracht wird, ausser den Produkten jenes Gutes selbst, und dass dennoch jährlich Tausende von Pfunden Fleisch, Getreide, Früchten u. s. w. ausgeführt werden, während das Landgut immerfort zu den sehr fruchtbaren gehört; dass unsere Wiesen jährlich viele Tausende von Pfunden organischer Stoffe für unsere grasfressenden Thiere liefern, und dass also mehre tausend Pfund Fleisch mehr die Wiese verlassen, als auf dieselbe hingekommen waren; dass von den Heufeldern, auf welche nie ein organischer Stoff hingeführt wird, jährlich Tausende von Pfunden Heu weggeführt werden; endlich dass der kahle Fels, auf welchem sich keine Ackererde vorfindet, sich erst mit Moospflanzen, später mit immer grösseren Gewächsen bedeckt, ohne dass je ein Sterblicher die Hand an dieselben anlegt, und zuletzt mit den üppigsten Wäldern geschmückt eine stets zunehmende Schichte schwarzer Erde bekommt (*Linnaeus, de telluris habitabilis incremento*); setzen wir noch viele andere Beispiele hinzu, welche sich ein Jeder leicht vor die Seele rufen kann, so ist der Satz bewiesen, dass der Boden keineswegs alle Nahrungsstoffe für die Pflanzen zu enthalten braucht.

Indess die Pflanzen müssen in der Erde befestigt sein, sie haben dazu ihre Wurzeln, und der Boden sollte für die Ernäh-

rung der Pflanzen entbehrlich sein? Das kann man nicht behaupten, sondern nur dies, dass die Stoffe, von denen manche Pflanzen unter gewissen Verhältnissen genährt werden, nicht fortwährend im Boden vorhanden sind, und auch nicht zu sein brauchen; dass diese Stoffe keinen wesentlichen Bestandtheil des Bodens auszumachen brauchen.

Um nun zu verstehen, wie denn die Pflanzen leben, welche entweder keine oder nicht genug organische Stoffe im Boden vorfinden, um ernährt werden zu können, muss man nicht vergessen, dass sie, wenn auch nicht *aus* dem Boden, doch *durch* den Boden nährende Substanzen erhalten.

Das Regenwasser führt nämlich der Ackererde, welche mit atmosphärischer Luft gänzlich durchdrungen ist, und ausserdem verdichtetes Ammoniak enthält, Kohlensäure zu. So sind denn die vier organischen Elemente im Boden enthalten; das Wasser, die atmosphärische Luft, das Ammoniak und die Kohlensäure liefern den Würzelchen jener Pflanzen vier Grundstoffe, aus welchen sie alle organische Substanzen, die sie nur immer enthalten mögen, bereiten können. Wir sehen also, wie hier den Würzelchen der Pflanzen Nahrung *durch* den Boden, aber *aus* der Atmosphäre zugeführt wird, und so sehen wir nun, wie ein Boden *arm* an organischen Stoffen sein kann, und dennoch *reich* in der Erzeugung von Pflanzen.

In dem Falle, in welchem der Boden in der That organische Stoffe enthält, werden die genannten Pflanzen desto üppiger wachsen, je besser diese Stoffe im Stande sind, bei Gegenwart von Wasser und atmosphärischer Luft, als ersten Bedingungen, Kohlensäure und Ammoniak zu liefern. Hier zeigt sich uns das Pflanzenreich selbst in einer eigenthümlichen Gestalt. Die gelben Blätter fallen jährlich zu Boden und werden nach einiger Zeit dem Auge entzogen. Mit feuchter Luft in Berührung, werden sie allmälig braun, zerfallen, und bilden eine dunkel gefärbte, pulverförmige Substanz. Sie faulen, und indem sie faulen, entwickeln sie eine grosse Menge Kohlensäure, welche sich in die Atmosphäre verbreitet, um von den anderswo oder später leben-

den Pflanzen aufgenommen zu werden. Der braune, pulverförmige Stoff, der von den gefaulten Blättern übrig bleibt, ist Ulmin oder Ulminsäure, und kann als solcher von den Pflanzen nicht in der Menge aufgenommen werden, welche zur Ernährung der Pflanzen erforderlich sein würde.

Die faulenden animalischen Theile geben endlich eine grosse Menge Ammoniak und Kohlensäure zugleich, und fahren fort, indem sie faulen, stets mehr von diesen Produkten zu liefern. Dadurch erklärt es sich, warum die Ackererde für die meisten Pflanzen vortheilhaft, ja unentbehrlich ist; dadurch erklärt sich zugleich der Nutzen der Düngstoffe, die nicht als solche, sondern ganz oder theilweise zersetzt, und also auch als Kohlensäure und Ammoniak den Pflanzen dargeboten werden. Daher erklärt es sich, warum ein Boden, der wenige oder keine organische Stoffe enthält, den Pflanzen dennoch Leben und Nahrung ertheilen kann, weil die Atmosphäre, wenn auch in kleinerer Menge, dennoch durch das Regenwasser auf den Boden dieselben Stoffe führen kann, welche in der Ackererde aus den Humussäuren und Düngstoffen entwickelt werden.

Wenn man nun gleich aus allen diesen unläugbaren Thatsachen, in welche *Liebig* einen so schönen Zusammenhang gebracht hat, die Gewissheit erhalten hat, dass Kohlensäure, Wasser und Ammoniak aus der Atmosphäre zu den Würzelchen der Pflanzen geführt, für viele Pflanzen eine recht gute Nahrung sind, so wird dadurch doch keinesweges ausgeschlossen, dass die in Wasser löslichen ulminsauren, huminsauren und geinsauren, so wie die quellsauren und quellsatzsauren Salze, nicht auch von den Würzelchen der Pflanzen sollten aufgenommen werden können und für viele Pflanzen unentbehrlich sind. Wenn wir von der Pflanzenernährung reden, kommen wir hierauf später zurück. Hier ist nur gezeigt, dass einige Pflanzen, z. B. die auf kahlen Felsarten wachsenden Moose, wirklich *ausschliesslich*, und alle andere Pflanzen *mehr oder weniger* durch die dem Boden zugeführten Bestandtheile der Atmosphäre genährt werden, welche Thatsache sich ebenso wenig in Abrede stellen

lässt wie die, dass von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak sehr wenige Pflanzen ausschliesslich leben können, indem sie organischer Stoffe im Boden bedürfen, um leben und wachsen zu können. Wenn wir einen einfachen Blick auf den Gartenbau werfen, so werden wir davon auf's deutlichste überzeugt [1].

Wir haben also die Atmosphäre als eine wichtige, wenn auch nicht ausschliessliche Nahrungsquelle für die jetzt lebenden Pflanzen kennen gelernt.

Der Nutzen der anorganischen Bestandtheile der Oberfläche

[1]) Zu den von *Liebig* dafür angeführten Thatsachen, dass Kohlensäure, Wasser und Ammoniak ausschliesslich die Pflanzennahrung liefern, gehört das Gedeihen von Pflanzen in Kohlenpulver. Nachdem wir oben die Bedeutung dieser Thatsache untersucht haben, füge ich hierüber Folgendes bei.

Der Professor *Numan* berichtet mir nämlich darüber Thatsachen, welche die Erwähnung in hohem Grade verdienen.

Roggen, Hafer, Buchweizen und Zwiebeln wurden, die drei ersteren am 21., die Zwiebeln am 29. Juli in Töpfe gesäet. Die oberste Sandschichte wurde mit etwas grob gepulverter Holzkohle und Torfasche vermengt. Der Buchweizen hatte anfangs September die volle Höhe erreicht, blühte sehr gut, und setzte schon am Ende jenes Monats Früchte an, welche reif wurden.

Der Roggen war zur gewöhnlichen Zeit, nämlich 10 bis 12 Tage nachdem er gesäet worden, aufgegangen, hatte eine frische, dunkelgrüne Farbe, und erreichte im September ungefähr die Länge von anderthalb Spannen.

Der Hafer wuchs auch regelmässig und hatte eine ausserordentlich schöne, grünlich blaue Farbe. Die Pflanzen erhielten eine Länge von 24 Zoll, und hatten lange, breite Blätter. Am Ende des September fingen sie an, welk zu werden. An einigen Halmen setzten sich Früchte an, die indess nicht reif wurden.

Die Zwiebeln wuchsen ebenfalls sehr kräftig und sind noch vollkommen grün (ich sah dieselben im Januar). Sie haben sehr gute Zwiebeln, die indess viel schwerer sein würden, wenn sie weniger dicht gesäet worden wären, und sich so mehr hätten ausdehnen können.

Hierbei muss noch bemerkt werden, dass vom 15. August bis zum 15. September wenig Regen gefallen ist, so dass der Sand in den Töpfen ganz trocken war, und obgleich die Pflanzen nicht begossen wurden, wuchs Alles üppig fort.

Die obenerwähnten Pflanzen in Sand, der mit pulverisirter Torfkohle in der obersten Schichte vermengt war, gesäet, gaben ungefähr dieselben Resultate.

In reinem Sand, ohne beigemengte Kohle, gingen die Samen wohl auf, aber die Pflanzen blieben sehr klein, und starben, ohne Früchte zu liefern.

der Erde muss verschieden sein, wenn die Bestandtheile der Atmosphäre, und wenn die organischen Stoffe der Ackererde von denselben den Pflanzen als Nahrungsstoff dargeboten werden. Auf welche Weise sie sich hinsichtlich der Kohlensäure verhalten, ist unbekannt. Ebenso unbekannt ist es, wie von denselben den Pflanzen Ammoniak dargeboten wird, und welchen Einfluss die Kohlensäure und das Ammoniak von den verwitterten Felsarten erleiden, wenn diese beide in Verbindung mit Wasser einigen Pflanzen zur ausschliesslichen Nahrung gereichen müssen. Wenn kohlensaures Ammoniak den Pflanzen in sehr verdünntem Zustande geboten wird, so wirkt es stets giftig auf dieselben. Es liegt also noch im Dunkeln, wie die Pflanzen, welche nur auf Kosten der Atmosphäre leben, ernährt werden, und welchen Einfluss die pulverförmigen Bestandtheile des Bodens bei der Darbietung dieser atmosphärischen Nahrungsmittel auf die Pflanzen ausüben.

Von den organischen Nahrungsmitteln ist dies nicht unbekannt. Die Basen verbinden sich mit den Säuren, und werden den Pflanzen als ulmin-, humin-, gein-, quellsatz- und quellsaure Salze dargeboten. Es giebt indess unter den anorganischen Bestandtheilen des Bodens eine Basis, welche eine besondere Erwähnung verdient, nämlich die Thonerde. In guter Ackererde kann sie nicht fehlen. Ihr Nutzen ist von grosser Wichtigkeit. Sie verbindet sich mit der Quellsatz- und Quellsäure zu in Wasser unlöslichen Körpern, und ist also eine Substanz, die verhindert, dass starke Regengüsse Alles, was von diesen Säuren im Boden gefunden wird, wegspülen. In Sandboden hat man häufig Gelegenheit, diesen Schaden zu beobachten. Das Brunnenwasser unserer Heiden ist durch quellsatzsaure Salze braun gefärbt, das auf Thonboden ist farblos und fast frei von organischen Stoffen, obgleich diese doch ebenso durch eine Humusschichte hindurchgedrungen sind. Beide organische Säuren werden durch frisch gefällte Thonerde aus ihren Lösungen praecipitirt (Berzelius, Lehrbuch, Bd. VIII. S. 401 und 410.) Die Quellsäure kann durch Ammoniak wieder aus der Verbindung mit

Thonerde ausgeschieden werden. Dieselbe wird also allmälig den Pflanzen zur Nahrung gereicht, indem ja stets Ammoniak im Boden gebildet wird. Durch die Alaunerde (Thonerde) wird, ebenso wie durch die anderen Basen des Bodens, noch ein anderer wichtiger Zweck erreicht, nämlich sie verhindert die beiden genannten Säuren, in Kohlensäure und Wasser überzugehen, und bewirkt so, dass sie, einmal gebildet, sehr lange unverändert im Boden aufbewahrt werden, bis Pflanzen in demselben wachsen, welche sie aufnehmen und zur Nahrung verarbeiten.

Hierdurch erscheinen von neuem die verwitterten Felsarten in einem engen und innigen Zusammenhang mit der organischen Natur, und wir müssen einsehen, dass die todte Erde für das, was jetzt auf derselben lebt, unentbehrlich ist.

VI.

Allgemeine organische Substanzen.

Unter der grossen Menge organischer Körper giebt es einige von zusammengesetzter Natur, deren Zusammensetzung nicht zu der einfachen Form, in der die anorganischen binairen Verbindungen auftreten, zurückgeführt werden kann.

Diese sogenannten complexen Stoffe bilden eine eigene Gruppe, haben unter verschiedenen Verhältnissen eine sehr grosse Unbeständigkeit, wirken leicht zurück auf von aussen hinzugeführte Stoffe, erzeugen leicht chemische Veränderung und verändern sich dabei leicht selbst. Es sind Verbindungen von einfacheren Verbindungen unter einander, die zwar in einem Zustande des Gleichgewichts verkehren können, aber ihrer complexen Natur wegen leicht aus demselben herausgebracht werden.

Unter diesen complexen Stoffen findet man die Hauptbestandtheile des organischen Reichs: Stoffe, die sich vorzugsweise dazu eignen, um mit Erhaltung der Form des Ganzen fortwährenden Stoffwechsel zu erzeugen und also das wichtigste Kennzeichen der Lebensfunction zu entwickeln und dauerhaft zu machen.

Aus diesen complexen Stoffen bilden sich leicht andere, die weniger zusammengesetzt sind, sei es unter dem Einflusse eines organischen Ganzen, sei es ausserhalb desselben; aber aus weniger zusammengesetzten entstehen complexe, je nachdem die Verhältnisse verschieden sind.

Wenn man in dieser Hinsicht eine Grenzlinie ziehen will, so kann man festsetzen, dass der thierische Organismus ein

Streben hat, Verbindungen mit einfachen oder doch genau bekannten Radikalen zu erzeugen, der pflanzliche hingegen complexe Stoffe zu bilden. Ersteres fällt mehr in den Bereich der Kunst als letzteres; die Kunst ist deshalb weiter in der Nachbildung der Produkte des thierischen Körpers, als der des pflanzlichen.

Die Eigenthümlichkeiten der beiden organischen Reiche müssen zunächst, wie wir S. 21 sahen, der Eigenthümlichkeit der vier Elemente C, H, N und O, — zu denen sich noch S, P, Fe und I gesellen — zugeschrieben werden, sich in einer unendlichen Reihe von Combinationen mit einander verbinden zu können, dann aber auch den Verhältnissen, denen diese Elemente im organischen Reich unterworfen sind. Indem wir glauben, von beiden im ersten Kapitel genügend gehandelt zu haben, wird es hinreichen, wenn wir über die letzteren hier nur noch bemerken, dass kohlensaures Ammoniak, ein dem kohlensauren Kali isomorphes Salz, dennoch alle vier organische Elemente enthält, die Elemente von tausend Verbindungen, deren Entstehung und Vernichtung im organischen Reich mit einander abwechseln. Dieses Salz, ein sogenannter anorganischer Körper, der aus den vier organischen Elementen zusammengesetzt ist, enthält die Materie und die Kraft, durch welche die Eigenthümlichkeit des ganzen organischen Reichs bedingt wird; es giebt uns gleichsam einen Fingerzeig, wo wir diese Eigenthümlichkeit zu suchen haben.

Die Zahl der Bestandtheile des organischen Reichs ist klein. Die Natur ist einfach in ihren Mitteln, erhaben in ihrem Zweck, üppig, man möchte fast sagen verschwendend in der Entfaltung ihres Reichthums. Durch wenige Grundstoffe, die sie mit einer unendlichen Modification derselben Grundkraft versehen hat, schafft sie einige wenige zusammengesetzte Körper, die als die Grundlagen des ganzen organischen Reichs betrachtet werden können. Sie weiss diese auf einander einwirken zu lassen und daraus eine Mannigfaltigkeit zu erzeugen, die der Naturforscher stets mehr bewundert, je tiefer sein Auge in diese grenzenlose Schatzkammer eindringt.

Diese Stoffe müssen also vor allen anderen bekannt werden. Sie lassen sich in vier Klassen eintheilen: in solche, die den Pflanzen und Thieren gemeinschaftlich zukommen; in solche, die nur entweder in Pflanzen oder in Thieren angetroffen werden; in solche, die sich weder bei Pflanzen noch bei Thieren finden, aber dennoch Baustoffe des organischen Reichs sind; endlich in solche, die als sogenannte anorganische Stoffe mit den organischen verbunden sind.

Zur dritten Klasse gehören die Kohlensäure, das Ammoniak, das Wasser, die Atmosphäre, Humin und Huminsäure, Ulmin und Ulminsäure, Geinsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure, welche zusammen die Bestandtheile der Ackererde ausmachen. Die vierte Klasse enthält Bittererde-, Kalk-, Natron-, Kali-, Mangan-, Eisen-Salze mit Phosphorsäure, Schwefelsäure, Iod, Fluor und Chlor, Kieselsäure, Thonerde, die sämmtlich von verwitterten Felsarten herstammen. Alle diese Körper gehören indess zum Gebiete der organischen Natur; was in dieser nicht fehlen kann, muss man als organisch betrachten. Sie gehören zu den unentbehrlichen Grundlagen des organischen Reichs, ohne welche man es sich nicht einmal denken kann.

Die erste Klasse enthält das Protein, die zweite für die Pflanzen Dextrin, für die Thiere Gelatin. Aus Dextrin entwickelt sich Cellulose, Stärkmehl, Gummi, Zucker, vielleicht auch Pflanzenschleim; aus dem Stärkmehl bilden sich die Fette und das Chlorophyll. Alle diese Stoffe sind von Wichtigkeit für die Chemie der Pflanzenphysiologie; wir wollen dieselben in der Kürze abhandeln. Für die thierischen Stoffe beschränken wir uns in diesem Kapitel auf eine Betrachtung der Proteinverbindungen, der leimgebenden Gewebe und des Farbstoffs des Bluts.

Diese wenigen zusammengesetzten Körper bilden die Grundlagen des Reichs der Thiere und Pflanzen; ja sogar noch weniger als diese, denn die meisten entwickeln sich aus einander. Sie sind zusammen die Quelle aller organischen Substanzen, die sich in Pflanzen und Thieren vorfinden.

Während wir in den vorigen Kapiteln von der Atmosphäre,

dem Wasser und den Bestandtheilen der Ackererde in ihren Verhältnissen zur organischen Natur gehandelt haben, verweisen wir für die Körper der letzten Klasse auf die allgemeinen Lehrbücher der Chemie. Hier wollen wir nur kurz die Bestandtheile der ersten und zweiten Klasse, besonders mit Rücksicht auf ihre Entstehung, betrachten. Die grosse Menge verschiedener Stoffe, welche aus denselben in Pflanzen und Thieren entwickelt werden, findet später eine passende Stelle, wenn wir von den Verrichtungen, bei denen sie gebildet werden, reden werden.

Pflanzen - Cellulose.

Es giebt in allen Pflanzen ein kleines Organ von der einfachsten Form, welches von der Natur zu den mannigfaltigsten Zwecken verwendet wird; es ist ein kleines, häutiges Säckchen, eine dünne Membran, welche von allen Seiten einen kleinen Raum umgiebt und diesen mit dem umgebenden Raum zwar nicht durch sichtbare, aber doch durch unsichtbare Poren in Verbindung setzt. Solche Säckchen oder *Zellchen* sind die ersten und wichtigsten Organe der Pflanzen. In unzähliger Menge an einander geschlossen, bilden sie nicht einen oder einige Pflanzentheile, sondern die ganze Pflanze, so dass, wenn man Alles entfernt, die Zellen aber nicht anrührt, von der Form der Pflanzen nichts verloren geht.

Diese Zellen schliessen sich enge an einander, verbinden sich mit einander und scheinen also mit einander verwebt zu sein. Man nennt deshalb eine Masse derselben *Zellgewebe*.

Durch Zellen vorzugsweise bildet die Natur Pflanzen, Pflanzentheile und Pflanzenorgane; durch Zellen vorzugsweise wird jene unendliche Mannigfaltigkeit in den Produkten des Pflanzenreichs erzeugt.

So viel Aehnlichkeit also eine Zelle mit einer anderen, oder ein Gewebe von Zellen mit einem anderen dem äusseren Ansehen nach haben möge, so verschieden sind die Verrichtungen derselben. Diese Verrichtungen der Zellen zu verfolgen, heisst

die Verrichtungen des Pflanzenreichs erforschen. Die Zellen bilden und erhalten sie doch ausschliesslich, oder stellen die Organe dar, welche selbst wieder Functionen vorstehen sollen. Daher jene Mannigfaltigkeit in der Natur und Form, der Anordnung, den Eigenschaften der Zellenreihen der Pflanzen, welche den Naturforscher grenzenlos beschäftigen wird.

Bei den Pflanzen der einfachsten Bildung, bei einigen Schimmeln z. B., besteht das ganze Pflänzchen nur aus einigen an einander gereihten Zellen, welche jede für sich fähig sind, für sich zu bestehen und sich zu entwickeln, d. h. neue Zellen zu erzeugen. Jede Zelle ist also als ein Pflänzchen zu betrachten, und jedes Pflänzchen als ein Aggregat mit einander verbundener Pflänzchen. Darin besonders zeigt sich nicht nur die Verrichtung, sondern auch die Natur der Zellen und der Pflanzen; deshalb besonders kann man mit Recht behaupten, dass die einfachste Form, unter der sich eine Pflanze zeigen kann, eine einfache Zelle ist (z. B. das Genus Protococcus unter den Algen) (S. 95.), und dass man mit Recht die sehr zusammengesetzten Pflanzen betrachten kann als aus einer unzähligen Menge solcher einfachen Pflänzchen gebildet. Es sind membranöse Säckchen, und also zu einem hohlen Kügelchen verbundene Blättchen, die aus einem oder mehren chemischen Stoffen bestehen. In diesen Blättchen und in dieser zelligen Verbindung der Molecüle liegen die schönsten Fähigkeiten, die wegen der Natur der Stoffe, aus welchen die Blättchen bestehen, so mannigfach sind, wie die Grundkräfte der Elemente, welche die Blättchen bilden, mannigfach modificirt werden können.

Die Function einer einzelnen Zellenreihe ist nur einfach. Dieselben Stoffe, auf dieselbe Weise zu Säckchen verbunden, erzeugen nur eine Reihe von Lebenserscheinungen; d. h. in der einfachsten Form entwickeln sich nur neue, den erzeugenden gleiche Individuen. Die Mannigfaltigkeit der Form ohne grosse Mannigfaltigkeit des Stoffs befähigt aber diese Zellenreihen zu mehren Verrichtungen, und dieses Gesetz ist eines der ersten und wichtigsten unter denen, welche sich in der organischen

Natur zeigen: dass nämlich die Form auf die Natur der Erscheinungen einen ebenso grossen Einfluss hat, wie der Stoff, welcher diese Formen bildet. Die einfache Zelle zu einem membranösen Blättchen ausgedehnt, würde aufhören, ein erzeugendes Organ zu sein, würde keiner Function mehr vorstehen. Es besteht also bei der Verbindung der organischen Molecüle, d. h. von Körperchen, welche aus C H N O, oder dreien derselben zusammengesetzt sind, zunächst das Vermögen, hohle Kügelchen zu bilden, grade so wie die meisten anderen Elemente zu symmetrischen Kristallformen neigen. Andererseits aber — und diese Thatsache ist für die Lehre vom Leben höchst wichtig — sind die Aeusserungen der in den Molecülen liegenden Grundkräfte, durch jene Verbindung der Stoffe zu hohlen Kügelchen durchaus eigenthümlich. Das hohle Kügelchen ist ein Individuum, d. h. in der einfachsten Form, in der es bestehen kann (bei den niedrigsten Schimmelpflänzchen), hat es alle Kräfte der Molecüle zu *einem* Ganzen verbunden, d. h. also auf einen Gleichgewichtszustand zurückgeführt; auf einen Zustand, der nicht nur durch die Natur der Materie oder ihrer Elemente C H O, oder C H N O, sondern auch durch die Form bedingt wird, so dass er ohne jene hohle sphärische Form nicht bestehen würde. Anderentheils sind in diesem hohlen Kügelchen alle Kräfte mit einander verbunden und wirken zu *einem* Zwecke zusammen, — eine Eigenthümlichkeit, welche gleichfalls von dieser sphärischen Gestalt abzuhängen scheint. —

Diese beiden Vorstellungen, welche aus der reinen Beobachtung abgeleitet sind, dürfen wir durchaus festhalten, und schliessen daraus mit Recht auf eine Neigung zur Bildung membranöser, hohler, sphärischer Körperchen in der organischen Natur, als eine erste Folge aller der in C H N O liegenden Eigenthümlichkeiten; von diesen Körperchen gehen aber, eben weil sie so geformt sind, wieder neue Eigenthümlichkeiten aus, welche durch keine andere Formen hervorgebracht werden können. Die Materie wie die Form bedingen also beide viel von dem, was wir in der organischen Natur sehen.

Dieser allgemeine Schluss wird aus jenen tausendfachen Erscheinungen, welche in der organischen Natur auftreten, gezogen, welche Erscheinungen bei denselben Stoffen und verschiedenen Formen sowohl, wie bei verschiedenen Stoffen und denselben Formen stets verschieden sind.

Wenn also das ganze Pflanzenreich aus einer einzigen gemeinschaftlichen Zellensubstanz zusammengesetzt wäre, diese aber in verschiedenen Pflanzenfamilien, oder Gattungen oder Arten, oder Theilen, oder Organen nur *der Form nach* verschieden wären, so müssten die Aeusserungen desselben chemischen Körpers, derselben Cellulose, dennoch mit jedem Unterschiede in der Form Verschiedenheiten darbieten. Dies verhält sich nun in der That so. Diese kleinen Individuen, diese Zellchen sind andere Individuen, wenn sie in der Form verschieden sind, wenn sie auf verschiedene Weise an einander gereiht sind, wenn sie auch aus fast ganz denselben Stoffen bestehen. Die kleinsten Unterschiede in der Natur der Stoffe, aus denen sie bestehen, mit denen sie in Berührung sind, können auf die Verschiedenheit der Form einen unendlichen Einfluss ausüben, und die materiellen Produkte verschiedener Formen sind also ebenso unendlich und mannigfaltig modificirt, wie die Formen, welche bei materieller Verschiedenheit gebildet werden, unendlich und mannigfaltig modificirt sind. Endlich müssen die Produkte der Zellen constant sein, wenn die Form und die materielle Natur derselben constant sind, veränderlich dagegen, wenn die Form oder die Materie der Zellenwandungen veränderlich ist.

Mit Recht legen also die Physiologen den grössten Werth auf die Kenntniss der Formen, und begnügen sich nicht mit der blossen Kenntniss der procentischen Zusammensetzung der Bestandtheile, oder mit der blossen Aufzählung einer Reihe chemischer Substanzen, welche bei der Analyse eines organischen Körpers gebildet werden, wenn es auch möglich wäre, durch die *künstliche* Analyse nur *natürliche* Produkte darzustellen. Mit Recht geht man also in unserer Zeit darauf aus, mit grosser Genauigkeit die verschiedenen Formen mit bewaffnetem Auge zu

erforschen, den Uebergang der einen Form in die andere zu beobachten, diese Formen zu benennen und zu klassificiren. Mit Recht erwartet man, dass von diesen Untersuchungen, verbunden mit der Kenntniss der chemischen Natur der Körper, dereinst ein helles Licht über die lebende Natur aufgehen wird. Mit Recht endlich führen wir, wie ich glaube, Alles, was die Form und die chemische Natur betrifft, auf die Grundkräfte der Molecüle zurück, und also in der organischen Natur auf dasjenige, was ursprünglich in C H N O verborgen liegt.

In den Pflanzenzellen hat man schon eine grosse Mannigfaltigkeit der Form entdeckt, nur ist noch viel zu untersuchen übrig. In einigen Pflanzen sieht man eine kaum bemerkenswerthe Verschiedenheit in der Form der Zellen, während die Verrichtung dennoch sehr verschieden ist. Unzweifelhaft muss hier die Verschiedenheit des Stoffs, aus welchem die Zellen bestehen, mag diese auch noch so klein sein, als die Ursache der verschiedenen Function betrachtet werden. Indess, dieses Feld der Wissenschaft ist noch fast gar nicht bearbeitet und es wartet auf jene Zeiten, in welchen die Chemie die isolirten Stoffe, wie sie in der Natur vorkommen, wird kennen gelehrt haben, und in welchen diese Kenntniss bei mikroskopischen Untersuchungen der organischen Natur nutzbringend sein wird.

Als allgemeine Regel kann man jetzt festsetzen, dass Pflanzen, welche beschränkte Verrichtungen äussern, homogene oder wenig verschiedene Zellenreihen besitzen, und dass die grösste Verschiedenheit in den Zellenformen bei Pflanzen beobachtet wird, deren Aeusserungen oder Produkte mannigfaltig sind; dass homogene Zellenreihen zusammen gruppirt sind, und so einander in der Verrichtung derselben Function unterstützen.

Man hat die Pflanzenzellen wissenschaftlich auf verschiedene Weise eingetheilt, nach ihrer Gestalt, nach ihrer Lage, nach ihrer Entstehung, nach ihrer Function. Jede dieser vier Eintheilungen hat ihre Vorzüge; für eine physiologische Chemie ist die dritte die beste, und ebenso für die Physiologie selbst.

Man kann die Bemühungen der Phytotomen unserer Zeit nicht hoch genug schätzen, wenn man den Eifer betrachtet, mit welchem sie in diese schwere Sache einige Ordnung und Zusammenhang zu bringen streben. Wir haben dadurch eine ganz andere Einsicht in die Entstehung früher so oft als fremdartige Pflanzenorgane betrachteter Theile gewonnen, und dürfen davon für die Zukunft viel Schönes hoffen. Die Spiralgefässe z. B. sind genetisch auf die einfachen Pflanzenzellen zurückgeführt, die punktirten Gefässe, die Faserzellen und andere kleine Pflanzenorgane sind auf ihre eigentliche Bedeutung als Zellen zurückgeführt, und so sehen wir einen Zusammenhang zwischen Körpern, deren Entstehung früher ganz in Finsterniss gehüllt war.

Ausser den verschiedenen Zellenreihen, von denen wir später eine kurze Uebersicht geben wollen, hat man bei höher entwickelten Pflanzen ein Gefässsystem beobachtet, dessen Verrichtungen für den in den Pflanzen vor sich gehenden Stoffwechsel von grosser Wichtigkeit sind. Die Wandungen dieser Gefässe scheinen aus denselben Stoffen wie die Zellenwandungen zu bestehen; allein mit Gewissheit ist dies nicht ausgemacht. Wenn wir später von der Entwicklung der Pflanzenorgane reden werden, kommen wir hierauf zurück.

Was die Zellen betrifft, so bestehen sie alle, von welcher Form sie auch sein mögen, wenn sie jugendlich sind, aus einer weichen, dünnen Membran, in welcher man unter dem Mikroskop keine Oeffnungen endeckt, durch welche aber dennoch Flüssigkeiten mit Schnelligkeit hindurchdringen können. Meistens entdeckt man in dieser Membran keine Structur, bisweilen beobachtet man spiralig fortlaufende Fasern in derselben, welche neben einander liegen und unter einander parallel sind. Nach *Meyen* [1]) sollten alle Zellen aus solchen spiraligen Fäden bestehen, die nur früher mit einander verwachsen und dadurch meistens unkenntlich werden sollten. (Vgl. unten die Zellentheorie.)

[1]) Pflanzen-Physiologie, I, S. 19.

Die Zellmembran ist gewöhnlich durchscheinend, bei vielen Mono- und Dicotyledonen farblos, bei vielen Cryptogamen gefärbt. Wenn dieselbe bei den Mono- und Dicotyledonen gefärbt ist, so rührt dies von anderen Stoffen her, welche in die Zellen abgelagert, oder in die Substanz der Membran selbst eingedrungen sind. Dieselbe ist gewöhnlich ausserordentlich dünn, hierin aber bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, im verschiedenen Alter, aber auch bei derselben Pflanze in verschiedenen Theilen derselben. In der geräumigen ursprünglichen Zelle werden nämlich bei den meisten Pflanzen Theilchen abgelagert, welche die dünne Zellmembran verdicken; diese Theile nehmen besonders mit dem Alter der Pflanzen zu, und zeigen sich am stärksten bei der Holzbildung, wo sie dicht an einander liegen, in grosser Anzahl den ganzen Raum der Zelle ausfüllen und so dem Ganzen einen bedeutenden Härtegrad ertheilen können. Bei der Holzbildung findet also die Absonderung eines harten Stoffs statt, durch welchen die Verrichtung der Zellen durchaus verändert wird. Zunächst muss ja jedes Theilchen einer heterogenen Materie, welches sich gegen oder in die Wandungen der Zellmembran ablagert, die Function derselben verändern; andererseits ist aber die Masse des Stoffs, der bei der Holzbildung abgelagert wird, so gross, dass der Durchtritt von Flüssigkeiten durch die Zellmembran fast gänzlich gehemmt wird und dadurch die Zellen zuletzt fast ausser Thätigkeit gesetzt werden. Aber nicht nur bei der Holzbildung findet diese Verdickung der Zellenwandungen mit anderen, und zwar mit festen, ja sogar mit harten Stoffen statt; *Hugo Mohl* hat dieselbe zuerst sogar in parenchymatischen Zellen beobachtet, und zwar bei Hoya carnosa und Banisteria auriculata. Dieser die Zellenwandungen verdickende Stoff ist nicht für alle derselbe. Ich lasse hier das, was wir jetzt von demselben wissen, folgen, besonders auch dasjenige, was bis jetzt von der Substanz, aus welcher die dünne Zellmembran bei allen Pflanzen ohne Unterschied zu bestehen scheint, bekannt ist.

In allen Zellenpflanzen sowohl, wie in den Gefässpflanzen

kommt eine Substanz vor, welche man jetzt *Cellulose* nennt, *Pflanzenzellstoff;* eine Substanz, welche grösstentheils die jugendlichen Pflanzentheile bildet, im Marke ziemlich rein vorkommt, im Holze aber immer mehr und mehr mit einer anderen Substanz verbunden wird, deren Zusammensetzung von der der Cellulose verschieden ist; eine Substanz endlich, welche ausser Zellen und dem, was aus Zellen gebildet wird, auch noch andere die Pflanze zusammensetzende Theile bilden kann, aber mikroskopisch in dieser Hinsicht noch nicht hinlänglich studirt ist. Dieselbe ist als Grundstoff der Pflanzenzellen, auf jeden Fall als eine wichtige Substanz des Pflanzenreichs zu betrachten, und verdient also mit Recht als Bildungsstoff des organischen Reichs eine erste und wichtige Stelle.

Diese Pflanzen-Cellulose kann man aus allen Pflanzentheilen ohne Unterschied erhalten, wenn man nur durch verschiedene Lösungsmittel alle andere, in denselben eingeschlossene Substanzen entfernt. Die Darstellung derselben ist also sehr einfach.

Da sie in jugendlichen Pflanzentheilen vorkommt, so gehört sie also zu den Pflanzenstoffen, welche aus den Nahrungsstoffen zuerst bereitet werden. Sie kann nur aus einer in Wasser löslichen Suhstanz entstehen, und ohne Zweifel wird sie aus dem Dextrin gebildet, das also auch ihrer Bildung vorausgeht. Wenn dieselbe aber einmal in irgend einem Pflanzentheile gebildet ist, so besteht sie ganz oder theilweise fort, und kommt also in Pflanzen jedes Lebensalters vor.

Früher glaubte man, dass das Holz, von allen fremden Beimengungen befreit, eine constante Zusammensetzung hätte; man nannte diesen Stoff *Lignin; Gay-Lussac* und *Thénard* und *Prout* hatten für denselben die Formel $C^3H^4O^2$ gefunden, oder, in Uebereinstimmung mit der Amylum-Reihe, $C^{12}H^{16}O^8$ [1]).

[1]) *Gay-Lussac* und *Thénard* fanden nämlich in:

	Eichenholz.	Buchenholz.	At.	ber.
C	52,53	51,45	3	50,48
H	5,69	5,82	4	5,49
O	41,78	42,73	2	44,03.

Aus vielen Versuchen von *Payen* sollte sich aber herausgestellt haben, dass diese unrichtig ist, und dass der Stoff, der die Cellulose in Holz verwandelt, der Formel $C^{17\frac{1}{2}} H^{24} O^{10}$ entspräche, während die Cellulose selbst die Zusammensetzung $C^{12} H^{20} O^{10}$ hätte.

Aus den Versuchen von *Payen* selbst und aus anderen von *Fromberg* und *E. J. von Baumhauer*, von denen unten die Rede ist, geht indess hervor, dass die Cellulose nicht die Formel $C^{12} H^{20} O^{10}$, sondern $C^{24} H^{42} O^{21}$ hat, und also nicht mit der Stärke, sondern mit dem löslichen Inulin übereinstimmt.

Die reine Cellulose erhält man leicht aus Hollundermark, aus sehr jugendlichen Würzelchen und anderen jungen Pflanzentheilen. Aus anderen bereitet man dieselbe, indem man erst die Pflanzentheile fein schneidet, und mit Weingeist, Aether, verdünnter Kalilauge, Salzsäure und Wasser auszieht. Dadurch löst man die Stärke, das Gummi, die Fette, Harze, Pflanzen-Alkaloide, Salze, den Zucker, aber auch die eigentliche Holzfaser. Letztere nannte *Payen incrustirenden Stoff* (*matière incrustante*). Dieselbe legt sich aber nicht bloss an die Cellulose an, sondern sie lagert sich auch zwischen ihre Molecüle, so dass jener Name eigentlich unzweckmässig ist. Durch die genannten Lösungsmittel, besonders durch das Alkali von denselben befreit, kommt die Cellulose als ein schwammichter Stoff zum Vorschein, während sie sich früher fest und ausgefüllt zeigt [1]. Folgende Stoffe, auf die oben angeführte Weise gereinigt, gaben stets für die Zusammensetzung der Cellulose übereinstimmende Resultate: die Ovula von Mandeln, von Aepfeln, von Helianthus annuus, Gurkensaft, Gurkenparenchym, Hollundermark, das Mark von Aeschynomene paludosa, Baumwolle, die Spitzen der Würzelchen, gut ausgezogenes Holz, die Blätter von Endivie, von Aylanthus glandulosa, die Tracheen von Musa sapientum,

[1]) Annales des Sc. Nat., Mai 1840, 2. Sec., p. 305. Der Durchschnitt einer mit Holzfaser angefüllten Zelle zeigt indess verschiedene Schichten. (Vergl. S. 103.)

Membranen, welche aus dem Kernholze von Eichen genommen waren, Cellulose aus Kuhexcrementen (die Kuh hatte sich vom Grase einer Wiese genährt), das innere Parenchym der Blätter von Agave americana, Baumwolle aus den Samen der virginischen Pappel, pflanzliche Hüllen, das Skelett eines Wespennestes, gut ausgezogenes Holz von Coniferen, das Perispermium von Phytelephas, ausgezogener Lichen, Conferva rivularis, Agaricus edulis, Boletus igniarius, Membranen von Chara, Conferva oscillatoria.

Von allen diesen Stoffen hat die durch die genannten Lösungsmittel ausgezogene Cellulose bei der Analyse kein anderes Resultat gegeben, als ein solches, das sich der Formel $C^{24}H^{42}O^{21}$ nähert, so dass es als eine Thatsache festgesetzt werden kann, dass das *allen* Pflanzen eigenthümliche Gewebe, nachdem es dem Einflusse der genannten Lösungsmittel ausgesetzt gewesen ist, einen Stoff zurücklässt, der bei allen identisch ist; einen Stoff, der ausser Kohlenstoff die Elemente des Wassers enthält, der mit dem Inulin isomer ist, und also vielleicht sehr leicht in Stärke und Zucker verwandelt werden kann, und selbst wieder ebenso leicht aus Dextrin wird gebildet werden können; eine Veränderung, welche in einer blossen Aufnahme oder Ausscheidung von Wasser bestehen würde [1]).

Es hat sich nach *Payen* gezeigt, dass wirklich eine solche Veränderung möglich ist; fürwahr eine interessante Thatsache, welche von *von Baumhauer* für Phytelephas bestätigt ist. Durch Schwefelsäure nämlich wird die Cellulose in Dextrin verwan-

[1]) *Payen* (Annales des sciences naturelles, 2. serie Tome II, Botanique 1839, p. 21, gelangte zuerst dadurch zur Kenntniss der Cellulose, dass er das Gewebe von Pflanzen in dem Zustande der Entstehung untersuchte, und bediente sich dazu des gallertartigen Stoffes, den die nicht befruchteten Ovula von Amygdalus sativa enthalten. Eine andere Reihe junger Membranen hat er dadurch erhalten, dass er die untersten Enden der Radicellen und Radicellen-Faserchen einiger holzigen und krautartigen Pflanzen untersuchte; darauf untersuchte er junges Hollundermark, und endlich das Mark von Aeschynomene paludosa und Baumwolle. Diese Stoffe hat er gereinigt (er sagt

delt, eine Verwandlung, welche sie unter dem Einflusse der Diastase ebenfalls erfährt, und durch welche sich die Cellulose zunächst als eine mit Stärke, Gummi und Zucker nahe verwandte Substanz zeigt, welche diese Stoffe im Pflanzenreich erzeugt, oder durch einen derselben, jedenfalls durch das Dextrin, erzeugt wird, andererseits aber auch für den thierischen Körper sehr wichtig wird. Dadurch wird ja die nährende Kraft junger Pflanzen für Thiere und für die Menschen erklärt so wie der-

indess nicht wie) und bei 150° bis 180° im luftleeren Raum getrocknet. So hat er für die Zusammensetzung dieser Stoffe gefunden:

	Ovula von Mandeln.	Ovula von Aepfeln.	Ovula von Helianthus annuus.		Gurkensaft.
C	43,57	44,7	44,1		43,90
H	6,11	6,0	6,2		6,22
O	50,32	49,3	49,7		49,88
	Gurkenparenchym.	Hollundermark.	Mark von Aeschynomene paludosa.		
			a	b	c
C	43,80	43,37	43,2	43,57	43,4
H	6,11	6,04	6,5	6,20	6,3
O	50,10	50,59	50,3	50,23	50,3

	Baumwolle. a	Baumwolle. b	Spongiola der Radicellen.
C	45,00	44,35	43,00
H	5,22	6,14	6,18
O	48,55	49,51	50,82.

Dass das eigenthümliche Pflanzengewebe kein Lignin ist, schloss *Payen* daraus, dass letzteres wohl, ersteres nicht durch Kali, Natron und Salpetersäure angegriffen wird.

Holz, das er analysirte, gab ihm nämlich:

	Eichen.		Buchen.	
	Unverändert.	Mit Natron behandelt.	Unverändert.	Mit Natron behandelt.
C	54,44	49,68	54,35	49,40
H	6,24	6,02	6,25	6,13
O	39,32	44.30	39,50	44,47.

jenigen, bei welchen man, indem man die Pflanzen in gewisse Krankheitszustände versetzt, die Verdickung der Cellulose durch Holzfaser gehemmt wird, so wie dies bei unseren Gartenpflan-

	Populus tremula.		Herminiera Elaphroxylon.
	Mit Natron behandelt.	Zweimal gewaschen.	Unverändert.
C	48,00	47,71	47,18
H	6,40	6,42	5,94
O	45,56	45,87	46,88

Hieraus folgt, dass die Holzarten um so mehr Kohlenstoff liefern, je mehr Lignin sie enthalten; die Maxima nähern sich ja am meisten den Resultaten der von *Gay-Lussac* und *Thénard* angestellten Analysen des Lignins.

Eichen- und Buchenholz liess *Payen* fein vertheilt dreissig Stunden hindurch in einer reichlichen Menge concentrirter Salpetersäure, wodurch der ligninartige, inkrustirende Stoff aufgelöst wurde; das Elementargewebe, welches nicht aufgelöst war, wurde mit Natron und dann mit Wasser ausgewaschen, und bei 160° getrocknet. Es gab:

C	43,85
H	5,86
O	50,28

und also eine Formel, welche der obengenannten des Elementargewebes sehr nahe kommt.

Payen hat weiter, ohne das Einzelne seiner Versuche anzugeben, die Zusammensetzung des inkrustirenden Stoffs mitgetheilt. Er fand dieselbe $= C^{17\frac{1}{2}} H^{24} O^{10}$, während die Formel der Cellulose nach ihm $= C^{12} H^{20} O^{10}$ ist. In 100 Theilen soll der inkrustirende Stoff enthalten:

C	53,76
H	6,00
O	40,20

Durch diese chemischen Versuche von *Payen* werden also die früheren Beobachtungen von *H. Mohl* bestätigt.

Spätere Untersuchungen von *Payen* (Ann. des sc. nat. Août, 1840, p. 73, Bot.) bestätigten diese Resultate.

	Blätter von Endivie ausgezogen.	Dieselben nochmals ausgezogen.	Blätter von Aylanthus glandulosa.	Membranen aus dem Kernholze von Eichen.
C	45,08	43,40	45,95	44,53
H	6,74	6,12	6,19	6,03
O	48,28	50,38	47,86	49,17.

zen, Salat, Endivie u. s. w. geschieht. Die leicht in Dextrin verwandelbare Cellulose jener Pflanzen kann also mit Recht, wie

	Tracheen von Musa sapientum.	Dieselben mit Alkali ausgezogen.	Cellulose aus den Excrementen einer Kuh.
C	48,43	43,22	44,92
H	6,91	6,50	6,40
O	44,66	50,28	48,59.
	Das innere Parenchym der Agave americana.	Baumwolle der Samen der virginischen Pappel.	Pflanzenmembranen von einem Wespenneste.
C	44,70	44,11	44,15
H	6,39	6,52	6,22
O	48,91	49,37	49,63.
	Holz von Coniferen ausgezogen.	Dasselbe besser ausgezogen.	Perispermium von Phytelephas.
C	52,01	44,77	44,14
H	6,33	6,58	6,30
O	41,57	48,65	49,56.
	Gereinigter Lichen.	Conferva rivularis.	Agaricus edulis.
C	44,70	44,57	44,52
H	6,21	5,75	6,67
O	49,09	49,68	48,81.
	Boletus igniarius.	Membranen von Chara.	Conferva oscillatoria.
C	43,40	43,88	45,34
H	6,11	6,29	6,58
O	50,49	49,83	48,08.

Alle diese Stoffe wurden meistens mit Chlor, Salzsäure, Kali oder Natron, auch mit Weingeist und Aether ausgezogen. *Payen* behauptet mit Recht, dass das Medullin, Fungin, Lichenin nicht bestehen, sondern, gut gereinigt, Cellulose sind.

Diese Versuche hat *Fromberg* wiederholt, und er fand *Payen's* Entdeckungen durchaus bestätigt. Er hat nämlich (Scheik. Onderz. Deel II, p. 52) folgende Pflanzentheile mit Aetznatron, Salzsäure, Wasser, Weingeist und Aether ausgezogen, und die dabei angegebene Zusammensetzung gefunden. Aus diesen Versuchen ging bestimmt hervor, dass die Formel der Pflanzencellulose C^{24} H^{42} O^{21} ist. — Seine Resultate folgen:

Lichen islandicus, mit einer Natronlauge (1 auf 10 Theile), darauf mit Wasser und Weingeist ausgezogen:

C	46,88
H	6,18
O	47,14.

Nochmals mit Natron ausgezogen u. s. w.

C	45,85
H	6,22
O	47,93.

das Stärkmehl, zu den Substanzen gerechnet werden, die für die Erhaltung der Lebensverrichtungen der Thiere im höchsten

Agaricus albus mit Wasser ausgekocht, mit einer schwachen Natronlauge, Salzsäure und Weingeist ausgezogen:

C	45,57	45,28
H	6,29	6,27
O	48,14	48,45.

Nochmals mit Natron, mit Salzsäure und mit Weingeist ausgezogen:

C	43,77	44,09	43,95
H	5,90	6,25	6,21
O	50,33	49,66	49,84.

Rüben, einmal behandelt.		Rüben, zweimal behandelt.		
C	46,26	C	43,95	44,29
H	6,29	H	6,13	6,03
O	47,45	O	49,92	49,68.

Weisskohl, einmal behandelt.			Weisskohl, zweimal behandelt.	
C	46,87	46,73	C	43,43
H	6,02	6,13	H	6,26
O	47,11	47,14	O	50,31.

Endivie, einmal behandelt.		Endivie, zweimal behandelt.
C	48,60	44,73
H	6,44	6,09
O	44,96.	49,18.

Alle diese Resultate werden für die gehörig ausgezogenen Stoffe dargestellt durch:

	At.	ber.
C	24	43,70
H	42	6,25
O	21	50,05;

d. h. durch die Formel des in Wasser löslichen Inulins.

Payen hat von *Brongniart* eine Frucht von Phytelephas erhalten und diese untersucht. Ann. de sc. naturelles, Bot. Août 1840, p. 82. Dünne Durchschnitte zeigten unter dem Mikroskop ein dichtes Zellgewebe, ölige Tropfen und albuminöse Körnchen; er hat das Pulver mit Ammoniak, Essigsäure, Wasser, Weingeist und Aether ausgezogen. Er fand alle Theile der Frucht homogen, liess Stückchen in Natron einweichen und sich ausdehnen, wusch sie und liess sie dann durch eine Iodlösung sich zusammenziehen, wodurch die polyedrische Gestalt der äussersten Zellmembran sichtbar wurde, welche früher nicht hatte unterschieden werden können. Er meint, dass in der Frucht, ausser der Cellulose, Eiweiss und zwei andere stickstoffhaltige Körper vorkommen, Kieselerde, zwei fette Körper und Salze. Durch die

Grade nützlich sind. *Autenrieth* hat früher Schweine mit Mehl und Sägespänen gemästet; *Hartig* hat behauptet, dass viele Holzarten im Winter Amylum enthalten; die Pilze dienen zur Nahrung und bestehen grösstentheils aus Cellulose.

obengenannten Lösungsmittel von jenen Substanzen befreit, gab die bei 125° getrocknete Cellulose:

C	44,14
H	6,30
O	49,56.

Er sah, dass sich dieselbe durch Schwefelsäure in Dextrin, durch Salpetersäure in Xyloidin verwandelte.

E. J. von Baumhauer hat diese Versuche wiederholt und weiter ausgedehnt. (Scheik. Onderz., Deel II.) Die Früchte von Phytelephas hatte ich durch *Dr. Miquel* erhalten.

Aus dieser Untersuchung ging hervor, dass die Früchte von Phytelephas nur mit Aether, Weingeist und Wasser ausgezogen, in der Zusammensetzung von der reinen Cellulose nicht verschieden sind, und keine Spur von Stickstoff geben:

	gef.	At.	ber.
C	44,39	24	43,71
H	6,22	42	6,24
O	49,39	21	50,05.

Der obenerwähnte Stoff mit concentrirter Essigsäure ausgezogen und darauf mit Wasser und Weingeist behandelt, gab:

C	43,57
H	6,27
O	50,16.

Darauf mit Ammoniak ausgezogen, gab er:

C	43,65
H	6,31
O	50,04.

Das Pulver von Phytelephas mit Weingeist und Aether behandelt, wurde einige Tage mit einer Natronlösung digerirt; die zurückbleibende Masse, gut ausgewaschen, gab:

C	45,73
H	6,32
O	47,95.

Durch das warme Digeriren mit Natron war der Stoff entfärbt, und der Kohlenstoffgehalt hatte zugenommen. *Von Baumhauer* digerirte also das Pulver von Phytelephas mehre Tage kalt mit einer concentrirten Kalilauge, erhielt dadurch die Substanz selbst, so wie die Lösung farblos, und erstere gab nun:

Aus der angeführten wichtigen Thatsache folgt ferner, dass die Cellulose, da sie schon ausgebildet, und zwar am meisten in den jugendlichsten Pflanzentheilen vorkommt, mit dem Protein zu den wichtigsten Pflanzenprodukten unter der Pflanzennahrung gehört, und dass aus derselben (der Cellulose) oder aus ganz auf dieselbe Weise gebildeten Pflanzenstoffen, namentlich aus einem im Wasser löslichen (dem Dextrin) hier und da Stärkmehl, Gummi und Zucker gebildet werden. In sehr vielen Pflanzentheilen, namentlich in den jugendlichen, findet sich Stärkmehl, und unter den Flechten (Pflanzen, welche vorzugsweise aus Cellulose bestehen) findet man eine reichliche Menge Stärkmehl. In vielen Früchten, welche eine grosse Menge Stärkmehl besitzen, findet man Zucker in Ueberfluss. Diese Stoffe können sich aus derselben Cellulose entwickeln, wenn einfach ihre physische Natur verändert und ihre Bestandtheile chemisch anders geordnet werden; sie nähern sich alle unter einander derselben chemischen Zusammensetzung. Umgekehrt sehen wir, wie unsere fleischigen Früchte von zuckerhaltigen, wie man sagt, zu mehligen werden, wenn sie im Winter aufbewahrt

C	43,63
H	6,30
O	50,07;

während aus der Kalilauge durch Sättigung mit Essigsäure und Fällung mit essigsaurem Blei eine Substanz erhalten wurde, welche gab:

C	44,08
H	5,93
O	49,99.

Diese beiden letzteren gaben also die Zusammensetzung des Inulins im löslichen Zustande.

Wir lernen daraus, dass die Früchte von Phytelephas im Ganzen in der Zusammensetzung dem löslichen Inulin gleich sind, und dass ein kaltes Alkali sie in einen unlöslichen und einen löslichen Stoff zerlegt, die beide wieder in der Zusammensetzung dem löslichen Inulin gleich sind. Was jener lösliche Stoff für eine Substanz sei, ist noch nicht bekannt: er verdient aber besondere Aufmerksamkeit. Wenn es eine Stärkmehlart ist, was wahrscheinlich ist, so beleuchten diese Versuche die Stärkmehlbildung aus der Cellulose durch ein Alkali, welches in gelöstem Zustande durch die Pflanzen geführt wird, vollkommen.

werden, — eine Veränderung, bei welcher sich umgekehrt der Zucker in Pflanzencellulose verwandelt.

Aus diesem Gesichtspunkt können wir die Zellenpflanzen betrachten als bestehend aus $C^{12} H^{18} O^{9}$ + einer veränderlichen Menge Wasser und Proteinverbindungen, während in den Gefässpflanzen noch der sogenannte inkrustirende Stoff, d. h. die eigentliche Holzfaser zugegen ist. Diese sind vereinigt die unentbehrlichsten Bestandtheile der Pflanzen; man findet dieselben überall in allen Pflanzenorganen wieder. Während die Thiere vorzugsweise aus Protein und leimgebendem Gewebe bestehen, bestehen die Pflanzen vorzugsweise aus Protein und Cellulose. Die Cellulose ist für die Pflanzen, was das leimgebende Gewebe für die Thiere ist; sie bilden beide die Zellen der beiden Reiche; in diesen Zellen sind sowohl bei den Pflanzen wie bei den Thieren Proteinverbindungen als feste Theilchen abgelagert, oder in den Flüssigkeiten aufgelöst, welche das Ganze durchdringen. Bei den Pflanzen werden die Wandungen der Zellen durch die eigentliche Holzfaser verdickt, bei den Thieren werden in die Zellen Fette und andere Stoffe abgelagert; bei den Thieren sowohl wie bei den Pflanzen ist das Zellgewebe ein wichtiges Bindemittel aller anderen vorkommenden Organe.

So wichtig nun die obengenannten Thatsachen für die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung eines der Hauptbestandtheile des Pflanzenreichs sind, so fehlt uns in dieser Hinsicht doch noch viel.

Wir ziehen aus den verschiedenen Theilen beliebiger Pflanzen, wenn wir dieselben mit den Lösungsmitteln behandeln, um die Cellulose zu erhalten, verschiedene Stoffe aus. Es entsteht hier die Frage: Welche Gewebe behalten wir hier zurück? Ist es bei allen nur die ursprüngliche Cellulose, welche in den jugendlichen Pflanzentheilen zuerst gebildet ist, und die Pflanzenzelle darstellt? Was ist unter dem Einflusse jener Lösungsmittel aus allen Pflanzenorganen, welche nicht mehr aus Cellulose bestehen, geworden? sind dieselben aufgelöst? — Beide Fragen lassen sich mit Sicherheit beantworten. Die jüngsten Pflanzen-

theile, welche aus Cellulose und Protein bestehen, lassen nach der Entfernung des letzteren dieselbe Substanz zurück, welche übrig bleibt, wenn Holz, kurz wenn alle andere Pflanzentheile mit concentrirten Alkalien und Säuren ausgezogen werden. Was ist von den Stoffen, welche die Zellenwandungen im Holze verdickten, zurückgeblieben? Ohne Zweifel Alles.

Um aber die Zusammensetzung dieses sogenannten inkrustirenden Stoffs zu ermitteln, kann man nicht gut die gelöste Substanz fällen und einer Analyse unterwerfen, weil, wie aus *von Baumhauer's* Versuchen (vgl. oben die Note) und aus allen den von *Fromberg* angestellten Untersuchungen hervorging, die Cellulose durchaus nicht unlöslich in Alkalien ist. Wenn man die Stoffe mit Natron auszieht, nimmt die Menge der Cellulose stets mehr und mehr ab, so dass man nicht glauben muss, dieselbe sei in Alkalien unlöslich, sondern nur weniger löslich als der inkrustirende Stoff. Die Zusammensetzung des sogenannten inkrustirenden Stoffs, der vorzugsweise mit der Cellulose im Holze vorkommt, kann demnach unmöglich richtig sein, wie *Payen* dieselbe angegeben hat, nämlich $C^{17\frac{1}{2}} H^{24} O^{10}$, wenn er die durch Fällung aus der alkalischen Lösung erhaltene Substanz der Analyse unterworfen hat; während ausserdem der Kohlenstoffgehalt dieses sogenannten inkrustirenden Stoffs viel höher ausfallen muss, wenn man bedenkt, dass man von vielem Holze nur äusserst wenig Cellulose übrig behält und die Zusammensetzung des Holzes und der Cellulose mit einander vergleicht.

Es sind also hier noch einige Punkte zu untersuchen. Es ist besonders wichtig, die Natur der Substanz zu untersuchen, welche aus Cellulose durch kalte Alkalien löslich gemacht wird, und die mit der Cellulose, und also mit dem Inulin, nach *von Baumhauer* dieselbe Zusammensetzung hat. (Vgl. oben die Note über Phytelephas).

Indess darf man dasjenige, was wir jetzt schon von der Pflanzencellulose wissen, als einen interessanten Beitrag zur physiologischen Chemie betrachten, so dass *Payen's* Entdeckung

eine der schönsten genannt werden kann, welche in der letzten Zeit auf dem Gebiete der Pflanzenchemie gemacht wurde.

Es hat, wie wir soeben sahen, grosse Schwierigkeiten, den sogenannten inkrustirenden Stoff zu isoliren. Die Zusammensetzung des Holzes ist von Vielen untersucht, aber nur von Wenigen gut bestimmt. Die Bestimmungen von *Petersen* und *Schoedler*, die eine Menge Analysen von Holzarten gemacht haben [1], gaben alle zu wenig Kohlenstoff. Die von *Gay-Lussac* und *Thénard* geben zu wenig Wasserstoff, so dass die oben erwähnte Formel für die Holzfaser $C^{12} H^{16} O^{8}$ als unrichtig verworfen werden muss. Die Zusammensetzung zweier Papiersorten ist nach *Fromberg's* Versuchen die der Cellulose, keineswegs die der Holzfaser [2].

Aus einer Reihe von *von Baumhauer* und *Fromberg* angestellten Versuchen ging hervor, dass man für die Holzfaser die Formel $C^{64} H^{88} O^{39}$ festsetzen kann [3]. Diese Formel ist besonders aus den harten Fruchtbedeckungen der Steinfrüchte erhalten.

Wenn wir von dieser Formel die der Cellulose abziehen, so finden wir für die des inkrustirenden Stoffs:

	C	H	O
Holzfaser . . .	64	88	39
Cellulose . . .	24	42	21
Inkrustirender Stoff	40	46	18.

Es war unmöglich, diese direkt zu finden. Ein schwaches Alkali verwandelt, wenn es auch noch so sehr verdünnt ist, den inkrustirenden, d. h. hier den holzbildenden Stoff in Ulminsäure,

1) Annalen der Pharmacie, Bd. 17, S. 142.

2) Scheik. Onderz. Deel II.

3) Scheik. Onderz. Deel II. Als mittleres Resultat für die Zusammensetzung des Holzes ergab sich:

	gef.	At.	ber.
C	52,5	64	52,38
H	5,9	88	5,88
O	41,6	39	41,74.

welche durch eine Säure aus der Lauge gefällt werden kann. Dies ist die Ulminsäure, welche *Peligot* früher erwähnte [1]), deren Zusammensetzung er aber nicht erkannt hat. Es ist dieselbe, welche durch eine verdünnte Säure aus Zucker entsteht, nämlich $C^{40} H^{28} O^{12}$ [2]); sie bildet sich schon durch ein sehr verdünntes Alkali aus Holz bei der gewöhnlichen Temperatur, und es entsteht also die Frage: welcher Stoff veranlasst ihre Entstehung? — die Cellulose, welche unter diesen Umständen so viel schwerer angegriffen wird, wahrscheinlich nicht, aber gewiss vorzüglich der sogenannte inkrustirende holzbildende Stoff. Die leichte Verwandlung dieses in Ulminsäure ist sehr wichtig. Die Luft und die Feuchtigkeit haben in einem höheren Grade denselben Einfluss auf Holz. Der inkrustirende Stoff geht in Fäulniss oder Verwesung über, während die Cellulose sich lange erhält (Faulen des Flachses).

Die Verwandlung, welche der sogenannte inkrustirende Stoff bei dieser Fäulniss erfährt, nämlich in Ulminsäure, und darauf in Humin-, Gein-, Quellsatz- und Quellsäure, lässt sich folgender Weise darstellen:

	C	H	O
inkrustirender Stoff	40	46	18
3 Aeq. Sauerstoff aus der Luft			3
	40	46	21
9 Aeq. Wasser		18	9
1 „ Ulminsäure	40	28	12
	40	46	21.

Wenn dieser sogenannte inkrustirende Stoff entweder aus der Cellulose selbst entsteht, oder aus Dextrin, d. h. aus einer durch die Pflanzenzellen sich bewegenden allgemeinen Nahrungssubstanz sowohl der Cellulose, wie der Stärkmehl-, Zucker- und Gummi-Arten, so muss bei der Holzbildung Sauerstoff frei werden, oder aber es müssen Stoffe gebildet werden, welche

[1]) Comptes rendus, 22. Juillet 1839.

[2]) *Fromberg*, in Scheik. Onderz. Deel II. Auch oben S. 162.

an Sauerstoff reicher sind als die Cellulose. Wenn wir voraussetzen, dass aus der Cellulose selbst wirklich der inkrustirende Stoff gebildet werde, so geschieht dies folgender Maassen:

	C	H	O
2 Aeq. Cellulose	48	84	42
1 „ inkrustirender Stoff .	40	46	18
	8	38	24

Bei einer kleinen Anzahl Kohlenstoffatome ist eine reichliche Anzahl Wasserstoff- und Sauerstoffatome übrig, welche Sauerstoff entweichen lassen, oder die Bildung anderer Körper bewirken können.

Die Holzbildung ist eine allgemeine Wirkung, die selbst in krautartigen Pflanzen nicht fehlt. Bei dieser Holzbildung wird also, wenn sie nur aus einem allgemeinen Pflanzenstoff hervorgeht, d. h. aus einem Körper, der C und H^2O enthält, stets zur Entwicklung von Sauerstoff Veranlassung gegeben, der hier oder da ausgeschieden wird. Wenn aber Sauerstoff frei wird, und wenn dieser Sauerstoff auf oxydirbare Substanzen stösst, so kann bei dieser Holzbildung eine neue Reihe sauerstoffreicher Körper gebildet werden. Darin liegt vielleicht eine Quelle für Kleesäure z. B., welche aus Zucker z. B. ebenso in den Sauerklee-Arten, unter dem Einflusse des bei der Holzbildung freiwerdenden Sauerstoffs, entstehen kann, wie dieselbe aus Zucker und $N^2\ O^5$ künstlich bereitet wird; daher in anderen Pflanzen vielleicht andere sauerstoffreiche Körper. (Vgl. die Entwicklung des Sauerstoffs aus den Pflanzen.) Die Bildung einer allgemeinen Substanz in den Pflanzen, welche ärmer an Sauerstoff ist als eine andere, welche ihre Bildung veranlasst hat, muss hier zur Bildung dieser, dort zur Bildung anderer sauerstoffreicher Substanzen Veranlassung geben, je nachdem die vorhandenen Stoffe und die anderen Verhältnisse verschieden sind.

Was endlich die Verwandlung des Holzes in Dextrin und Zucker durch Schwefelsäure betrifft, so beschränkt sich diese nothwendiger Weise bloss auf die in demselben enthaltene Cellulose, in welcher H^2 und O im Wasserbildungsverhältnisse vorkom-

men; der inkrustirende Stoff kann kein Dextrin und keinen Zucker liefern. Es ist unbekannt, was unter dem Einflusse von Säuren aus demselben wird, was aber jetzt davon angegeben wird, ist auf jeden Fall für ungenau zu halten.

Was die chemischen Eigenschaften der Zellmembranen betrifft, welche, so wie sie in der Pflanze vorkommen, gewiss nicht ausschliesslich, aber doch grösstentheils aus Cellulose bestehen, so ist hier noch zu bemerken, dass in den allerjüngsten stets Protein vorkommt, und dass dieses, wenn es auch später wieder aufgelöst und fortbewegt werden kann, für die Bildung der Zellen in den Pflanzen unentbehrlich zu sein scheint. *Payen* fand ja in den jüngsten Theilen der Würzelchen stets einen stickstoffhaltigen Körper, und ein einfaches Digeriren derselben mit einem verdünnten Alkali liefert uns Proteinverbindungen.

Das Protein scheint also zur Zellenbildung ebenso unentbehrlich zu sein, wie die Cellulose. Da es aber aus den Zellen später ganz oder grösstentheils verschwindet, so scheint es durch die Pflanzensäfte aufgelöst und in der Pflanze anderswohin geführt zu werden, um dort zu anderen Zwecken verbraucht zu werden.

Eine andere Eigenthümlichkeit, welche wir in Betreff der Zellmembran noch anführen müssen, ist diese, dass sie, wenn sie auch aus Cellulose zusammengesetzt ist, dennoch verschiedene chemische Zustände annehmen kann.

Mohl und *Schleiden* [1]) haben gezeigt, dass die Zellmembran vieler Pflanzentheile durch Iod blau gefärbt wird, als wenn Stärkmehl in derselben vorkäme. Der Embryo von Scotia speciosa, die Zellen der Cotyledonen von Tropaeolum majus, hybridum und minus und vielen anderen Pflanzen gaben mit Iod eine starke blaue Reaction.

Wenn nun auch die Reaction von Iod auf die Zellmembran nicht für eine entscheidende gehalten werden kann, so ist sie

[1]) Flora 1840, S. 609 und 737.

doch in Verbindung mit dem Verhalten der Stärke zum Iod zu interessant, um hier nicht erwähnt zu werden. Sie führt zu dem Schlusse, dass die in der Zusammensetzung der Stärke so nahe stehende Cellulose wirklich manchmal eine Verwandlung in Stärke erleidet, sich aber dennoch immerfort unter der Form von Zellmembranen zeigt. (Vgl. Moosstärke).

Hinsichtlich der Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzenorgane sind wir noch unsicher. *Reade* hat wohl gesucht zu beweisen [1]), dass die Spiralgefässe und das Zellgewebe eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben, allein seine Analysen tragen den Stempel der Ungenauigkeit. *Mitscherlich* hat indess von drei Organen Analysen angestellt und 45,9 C in Flachs, 48, 88 C in den reinen Spiralgefässen des Pisang, und 50, 65 C im Zellgewebe des innersten Hollundermarks gefunden, und in allen H^2 und O im Wasserbildungsverhältnisse. Aber die Anzahl dieser Analysen ist zu klein, um irgend einen Schluss daraus zu ziehen. Wir sind darüber noch ganz im Finstern. Die Schwierigkeit, die Organe rein zu erhalten, darf indess nicht von einer solchen Untersuchung abschrecken. Wir irren aber, wenn wir glauben, dass die Entdeckung der Cellulose die chemische Kenntniss der Pflanzenorgane vollendet habe; im Gegentheil ist in dieser Hinsicht noch fast Alles zu thun, um zu einer guten, aus der chemischen Natur der Stoffe abgeleiteten Kenntniss der Function der Pflanzenorgane zu gelangen. Wenn man Pflanzentheile mit einem Alkali digerirt, so entdeckt man manche Substanz, welche einen constanten Kohlenstoffgehalt zu ungefähr 46% hat, und deren Kohlenstoff nur schwer auf den der Cellulose zurückzuführen ist. Es scheint also ein inniger Zusammenhang zwischen der Cellulose und einer anderen kohlenstoffreichen Substanz zu bestehen, welcher beachtet zu werden verdient. Alles indess inkrustirenden Stoff zu nennen, was den Kohlenstoff der Cellulose erhöht, scheint mir aus vielen Gründen unrichtig.

([1] London and Edinburgh, phil. mag. 1837, p. 418.

Stärkmehlarten.

Mit der Pflanzencellulose ist in der Zusammensetzung und in den Eigenschaften eine andere Substanz sehr nahe verwandt, welche jetzt in drei verschiedenen Formen gut bekannt ist, die sogenannten Stärkmehlarten. Sie sind unzweifelhaft Produkte des Dextrins oder der Pflanzencellulose, und gehören also nicht zu den primairen, sondern zu den secundairen Pflanzensubstanzen. Allein des grossen Einflusses wegen, den sie auf die Functionen der Pflanzen ausüben, der Häufigkeit ihres Vorkommens in den Pflanzen wegen, erhalten sie hier eine Stelle.

Die drei erwähnten Stoffe sind Amylum oder die gewöhnliche Stärke, Moosstärke und Inulin. Der erste ist ein Uebergangsstoff von Dextrin zu Cellulose, der zweite von Amylum zu Dextrin, der dritte von Amylum zu Zucker. Die beiden letzteren füllen also den Zwischenraum der Reihen der vier Hauptstoffe: Cellulose, Stärke, Dextrin und Zucker, aus, und bewirken, dass die Uebergänge derselben mehr allmälig sind.

Gewöhnliche Stärke. Wenn wir in dem holzbildenden Stoff, n dem, welcher die Zellmembranen in Holz verwandelt, eine wahre Juxtaposition sahen, so finden wir dieselbe ebenso bei jenen mannigfach im Pflanzenreich vorkommenden kleinen körnigen Körperchen, welche in der letzten Zeit die Botaniker und Chemiker so sehr gefesselt haben und deren Untersuchung eine so wichtige Streitfrage gewesen ist.

Leeuwenhoek hat in Betreff des Stärkmehls eine Beobachtung gemacht, welche von vielen französischen Chemikern wiederholt und ausgedehnt ist, von vielen geläugnet, von anderen aber kräftig vertheidigt wird. Er fand nämlich [1]), dass die Stärkmehlkörnchen, wenn sie im Wasser erhitzt werden, verschwan-

[1]) Eine ausführliche Literatur über die Stärke kann man bei *Payen* finden in den Annales des Sc. Nat., Juillet 1838, p. 8 und Août p. 65, und bei *Cop*, Dissertatio continens quaedam de amylo. Dordraci, 1841.

den und nur Hüllen zurückliessen. Dieselben Hüllen fand er in Excrementen von Vögeln, die von Körnern lebten, und schloss aus beiden Beobachtungen, dass die Stärke aus einem Kern bestehe, welcher Nahrung giebt, und aus einer nicht nahrhaften, unlöslichen äusseren Hülle.

Erst im Jahre 1812 ist dieselbe Beobachtung von *Villars* wiederholt und später von *Raspail* auf vielfache Weise ausgedehnt worden.

Payen und *Persoz* haben [1]) aber durch viele Versuche gezeigt, dass die Stärke aus 0,995 einer ganz in Wasser unlöslichen Substanz besteht. Dadurch wurden Beobachtungen von Anderen widerlegt, dass eine lösliche, sich als Gummi verhaltende Substanz im Amylum enthalten sein sollte, und die Einfachheit der Stärkmehlkörnchen, die aus auf einander liegenden concentrischen Schichten bestehen, bewiesen; eine Thatsache, welche bestimmter von *Fritsche*[2]) und Anderen vollkommen bewiesen ist. Mit verschiedenen Reagentien bewies *Payen* [3]), dass die inneren und äusseren Bestandtheile der Stärke sich vollkommen auf dieselbe Weise verhalten, und dass sie mit Wasser, Iod, Diastase und Säuren dieselben Produkte geben. Er bildete die Stärkmehlkörnchen ab, so wie sie unter dem Einflusse des Drucks oder der genannten Agentien sich zeigten, und liess hinsichtlich der einfachen Zusammensetzung derselben keinen Zweifel mehr übrig. Es steht also fest, dass die Stärkmehlkörnchen in allen ihren Theilen aus einem homogenen Stoff bestehen, und aus concentrischen, auf einander liegenden Blättchen zusammengesetzt sind, die in kaltem Wasser unlöslich sind. Die Form der Körnchen ist in allen den Fällen rund oder länglichrund, in welchen sie in einer Flüssigkeit frei gebildet werden, oder keine Zelle gänzlich ausfüllen. Wenn sie dies thun, so werden sie polyedrisch, nehmen verschiedene Formen an und zeigen sich also aus diesem letzten Grunde in verschiedenen Pflanzen in

[1]) Annales de Ch. et de Phys. 1833, Tom. 53, p. 73, Tom. 56, p. 337.

[2]) *Poggendorf*, Annalen, Bd. 32, S. 129.

[3]) Annales des Sc. nat. 1838, Août, p. 69.

sehr verschiedenen Formen, weil sie unter sehr verschiedenen Verhältnissen verkehren. Sie kommen in den verschiedensten Pflanzentheilen vor und richten sich also nach der Form der Zellen, in welche sie abgelagert werden.

Bei der gewöhnlichen Temperatur hat die Stärke eine bedeutende Menge Wasser mit sich verbunden und verliert dies nur durch fortgesetztes Trocknen. Bei 20^0 an der Luft enthält sie 18%, oder 4 Aeq.; bei 20^0 im trocknen luftleeren Raum 9,92, oder 2 Aeq.; bei 100^0 — 140^0 besteht sie aus $C^{12}H^{20}O^{10}$. *Payen* glaubt [1], dass sie in ihren Verbindungen mit Basen, z. B. mit Bleioxyd, aus $C^{12}H^{18}O^9$ besteht; aber dies ist nicht bestätigt worden. Die Formel derselben ist auch in der Bleiverbindung $C^{12}H^{20}O^{10}$ [2]. Auf 200^0 erhitzt, ist die Farbe gelb, und ein grosser

[1]) Ann. des Sc. Nat. Août II.

[2]) Nach *Payen* hat die Verbindung von Stärkmehl und Bleioxyd, bei 180^0 getrocknet, folgende Zusammensetzung (Ann. de Chimie et de Phys., Tom. 65, p. 253):

	gef.	At.	ber.
C	19,66	12	19,45
H	2,37	18	2,38
O	19,07	9	19,17
PbO	58,90	2	59,00.

Kartoffelstärke bei 100^0 und bei 145^0 getrocknet, gab ihm:

	100^0	145^0
C	43,81	45,69
H	6,10	6,37
O	50,09	47,94.

Hieraus schien hervorzugehen, dass die Stärke bei 100^0 nicht getrocknet werden kann. *Berzelius* hat indess Stärke analysirt, bei 100^0 getrocknet, und dafür erhalten:

	gef.	At.	ber.
C	44,25	12	44,91
H	6,67	20	6,11
O	49,08	10	48,98.

Obgleich hieraus im Vergleich zu *Payen's* Versuchen hervorgeht, dass wirklich die Stärke bei 100^0 $C^{12}H^{20}O^{10}$ ist, so war bei dem Streit über Stärke, Gummi und Zucker und bei der bestimmten Behauptung, dass alle diese Körper durch 2 PbO 2 aq. verlören, eine Wiederholung der Analyse der

Theil der Stärke in kaltem Wasser löslich geworden; wenn derselbe Versuch in einer verschlossenen Röhre mit wasserhaltigem Amylum angestellt wird, dann wird die Stärke bei 200° gänzlich geschmolzen, unter dem Einflusse des zu dieser Temperatur erhitzten Wasserdunstes. — Mit Wasser erhitzt, fängt bei 72° Bildung von Kleister an, dessen Zusammenhang bis zu 100° zunimmt. Hierbei werden die Stärkmehltheilchen sehr ausgedehnt, dringen aber doch durch Filtra hindurch; die äussersten Wurzelfäserchen sind aber nicht im Stande, Stärkmehltheilchen aufzunehmen. Jugendliche Pflänzchen, in eine Auflösung von Stärkmehl gebracht, nehmen das Wasser auf, und es legen sich Stärkmehltheilchen an die Oberfläche der Wurzelfäserchen an. Diese Ausdehnung des Volumens der Stärkmehlkörnchen findet auch besonders dann statt, wenn man eine kleine Menge Alkali zu dem

bei 140° getrockneten Stärke nicht überflüssig. Sie gab mir (Bulletin 1838, p. 40):

C	44,47
H	6,28
O	49,25,

und also $C^{12} H^{20} O^{10}$.

3,101 Stärke, bei 100° und darauf bei 180° getrocknet, verloren nichts an Gewicht.

1,467 Stärke, bei 130° getrocknet, wurden mit warmem Wasser in Kleister verwandelt und mit 3,114 Bleioxyd bei 130° gemischt und zu 140° getrocknet, darauf im trocknen, luftleeren Raum bei 180°. Vor dem Versuch hatte man Bleioxyd 1,467 / Stärke 3,114 } 4,581. Nach dem Versuch: 4,579.

Die Stärke ist also, bei 100° und 145° getrocknet und in der Bleiverbindung, $C^{12} H^{20} O^{10}$.

Wenn also aus der Cellulose Stärke entsteht, muss ausser einer Umsetzung der Molecüle auch eine Ausscheidung von ½ Aeq. Wasser stattfinden, und umgekehrt, wenn aus Stärke Cellulose wird, Bindung desselben. Die Unregelmässigkeit, dass 2 PbO in der Stärke nicht 2 H^2 O vertreten, verdient wohl eine besondere Beachtung, aber wegen dieser Unregelmässigkeit kann man sich die Thatsachen doch nicht anders vorstellen, als sie wirklich sind. Es ist wahrscheinlich, dass die Stärke das letzte Aeq. Wasser unter dem Einflusse des Bleioxyds nicht loslässt, ausser bei einer Temperatur, bei der sie selbst verändert wird. Dass dieses letzte Aeq. Wasser weit über 100° in der Bleiverbindung zurückgehalten werden kann, lehrt uns der Zucker. (Vgl. die Note beim Zucker.)

Wasser zusetzt, und dann schon bei der gewöhnlichen Temperatur; ebenso, wenn auch in geringerem Grade, durch verdünnte Schwefelsäure.

Verdünnte Säuren verwandeln die Stärke bei einer erhöhten Temperatur in Humin und Huminsäure; salpetrichte Salpetersäure in Xyloidin, welches nach *Buys Ballot* $C^{15} H^{24} N^2 O^{16}$ ist, und gebildet wird aus:

$$5 (C^{12} H^{20} O^{10}) - 2 H^2O + 4 N^2 O^4 = 4 (C^{15} H^{24} N^2 O^{16}).$$

Iod verbindet sich nach *Lassaigne* in einem regelmässigen Verhältnisse mit derselben, und bildet so eine eigenthümlich blau gefärbte Verbindung, welche es möglich macht, Spuren von Stärke zu entdecken. Diese Verbindung ist bei einer Hitze von 66° farblos, und färbt sich wieder, wenn sie kälter wird; nicht in Kleister verwandelte Körnchen färben sich ebenfalls, und Iod ist also bei mikroskopischen Untersuchungen ein unentbehrliches Reagens auf Stärke, wenn auch nach *Payen* [1]) kein unfehlbares. 10 Aeq. Stärke nehmen nach *Payen* als Maximum 1 Aeq. Iod auf, und diese Verbindung sollte keine chemische sein, sondern, so wie die Farbstoffe beim Färben der Baumwolle u. s. w. durch die Gewebe angezogen werden, durch Molecularanziehung, nicht durch chemische Anziehung entstehen. Eine Gruppe von Stärkmehlmolecülen sollte dann nach *Payen* ein Molecüle Iod physisch, capillair, wie man es nennt, aufnehmen, und dadurch sollte es sich erklären, dass Weingeist und andere Stoffe, die Iod auflösen können, stets die Menge Iod aus der Stärkmehlverbindung vermindern. Es ist dies in der That eine Annäherung der physischen Anziehung zur chemischen, welche sehr die Aufmerksamkeit verdient.

Es ist bemerkenswerth, dass die Stärke in der Form von Körnchen in sehr verschiedenen Pflanzentheilen vorkommen und unter dem Einflusse der Vegetation wieder verschwinden d. h. aufgelöst und durch die Pflanzensäfte anderen Theilen zugeführt werden kann, um dort zur Entstehung anderer

[1]) Ann. des Sc. nat. Août 1838; p. 114, vgl. oben S. 213.

Stoffe Veranlassung zu geben. Diese Thatsache verdient desto grössere Aufmerksamkeit, weil die Cellulose, oder die zuerst gebildeten festen Theile der Pflanzen, in der Zusammensetzung ungefähr mit der Stärke identisch sind, auch hier und da gelöst werden, und dass die Cellulose also unter gewissen Verhältnissen, wenn sie erst zu Dextrin umgesetzt ist, in gelöster Form als Pflanzensaft zur Bildung von Stärke Veranlassung geben kann, während die Stärke selbst wieder in andere Stoffe umgesetzt werden kann.

In jugendlichen Pflanzentheilen, in den Spitzen der Radicellen findet man nach *Payen* [1]) keine Stärke, sondern Cellulose und proteinähnliche Stoffe, ebenso in den jungen Trieben und im Allgemeinen in jugendlichen knospenden Pflanzentheilen. Die Stärke entsteht also erst dann, wenn die Theile, in welchen sie abgelagert wird, bis zu einem gewissen Grade entwickelt sind und die aufgenommenen Nahrungsstoffe nicht mehr zur Bildung der ersten nothwendigen Theile verwendet zu werden brauchen. *Payen* fand die Stärkmehlkörnchen weder in den Gefässen noch in den Intercellulargängen, so dass die Stärke, wenn sie dort überhaupt zugegen ist, in gelöster Form oder in der Form anderer aus derselben bereiteten Stoffe vorkommt. Er fand sie weder in der Oberhaut, noch in den ihr nahe liegenden Zellen. Es verdient ferner Beachtung, dass man die Stärke in den Zwiebeln, in deren Schuppen sie sich reichlich findet, in geringer Menge oder gar nicht findet, wenn dieselben dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt werden. Das Licht vernichtet also die Stärke, diese verschwindet, d. h. es werden andere Stoffe aus ihr gebildet. (Vgl. Chlorophyll.) Daher erklärt es sich, dass man viel weniger Stärke in den über dem Boden wachsenden Pflanzentheilen findet, als in denen, welche unter dem Boden vegetiren, in den Wurzeln, und dass man in den Pflanzen, welche in ihren Stengeln Amylum enthalten, dasselbe vorzugsweise im Mark findet. In Cactusarten findet man die Körnchen desto

[1]) Ann. des Sc. nat., Oct. 1838, p. 202.

grösser, je tiefer unter der Oberfläche man die Blätter untersucht. (Payen.)

Dass die Stärkmehlkörnchen aus den Pflanzensäften entstehen, dass die Rudimente derselben erst flüssig sind, lässt sich aus der allgemeinen Entstehung organischer fester Stoffe ableiten. Die Form des Amylumkeims muss sphärisch sein, ein Kügelchen, das frei in einer Flüssigkeit schwimmt, in welcher die Stärkmehlelemente aufgelöst sich stets in Blättchen auf den schon fest gewordenen Theil anlegen, und so durch neue Schichten den schon gebildeten einschliessen. Jedes Körnchen ist indess mit einem Hilum an die Wandungen der einschliessenden Zelle befestigt, mit einem kleinen Organ, dessen Verrichtung noch nicht bekannt ist. Je freier also das Körnchen in den Säften schwimmt, desto grösser muss es werden können; und dies geschieht wirklich, indem saftreiche Pflanzentheile grössere Körnchen geben, als trockne. (Payen.) Deshalb nehmen sie auch verschiedene Formen, polyedrische Gestalten an, wenn viele in einer einzelnen Zelle angehäuft und so zusammengedrückt werden, so wie im Mais, wo sie von einer hornigen Hülle umgeben sind, oder bei Cicas circinalis, in der ungefähr die Hälfte der Körner rund, die anderen polyedrisch ist, und die Zwischenräume ausfüllen, welche zwischen den runden Körnern übrig geblieben sind; durch gegenseitigen Druck sind also hier diese letzteren Körner polyedrisch geworden; sie werden dies auch, wenn Flocken, die aus Proteinverbindungen oder anderen Stoffen bestehen, sich zwischen die Körner hinlagern, so wie bei Bohnen, Erbsen u. s. w., und überhaupt bei den eiweisshaltigen Samen. Da indess Stärkmehlkörnchen selbst niemals Eiweiss — d. h. im chemischen Sinne — einschliessen, sondern von demselben umgeben werden, so darf man daraus schliessen, dass der Amylumstoff zuerst in festen Körperchen in den Pflanzensäften abgelagert wird, und dass *nach* der Bildung dieser Körperchen und nach ihrer Ablagerung das sogenannte coagulirte Eiweiss abgelagert wird. Dies verhält sich ebenso mit anderen Stoffen, Kalksalzen, ölartiger Substanz u. s. w., von denen zuweilen

Spuren auf der Oberfläche und in den äussersten Schichtchen der Stärkmehlkörnchen vorkommen, wodurch diese denn auch noch schwerer in Wasser löslich werden. (PAYEN.) Dass die Stärkmehlkörnchen während der Vegetation ganz oder theilweise aufgelöst werden können, ist erwiesen. *Payen* hat mehre interessante Beobachtungen darüber gemacht, aus welchen hervorgeht, dass die äussersten Schichtchen der Körnchen aufgelöst werden oder gänzlich verschwinden. Was sich bei dieser Auflösung bildet, ist nach ihm Dextrin und Zucker, und dasjenige, was diese Auflösung bewirkt, Diastase, — ein Stoff, dessen auflösende Kraft in Bezug auf die Stärke *ausserhalb* der Pflanzen genau bekannt ist. Diese Veränderung erfahren die Kartoffeln, wenn sie erfrieren, indem sich dann die Stärke ganz in Zucker verwandelt; ebenso wenn neue Kartoffelpflanzen erzeugt werden, wo aus dem Knollen (der Kartoffel) ebenfalls alle Stärke verschwindet und durch Zucker vertreten wird. Dass in den keimenden Samen Diastase gebildet wird, ist, obgleich keine Analysen derselben angestellt sind, in hohem Grade wahrscheinlich.

Nach *De Candolle* [1]) nimmt die Stärkmehlmenge in den Kartoffeln, wenn sie reifen, ungefähr in demselben Verhältnisse zu, wie sie nach der Zeit abnimmt. Im August geben 100 Pfund Kartoffeln 10 Pfund Stärke, im September 14,5, im October 14,75, im November 17. Diese Menge bleibt während der Monate Januar und Februar unverändert, nimmt im März ab, so dass sie im April schon auf 13,75 herabgesunken und im Mai bis auf 10 Pfund heruntergekommen ist.

Ebendasselbe würde man bei vielen Samen, Wurzeln und überhaupt bei stärkmehlhaltigen Pflanzentheilen finden, wenn dieselben in dieser Hinsicht untersucht würden. Dies lehrt uns, dass die Bildung der Stärke sowohl wie ihr Verschwinden ein gewöhnlicher chemischer Prozess ist, an welchem die Pflanze keinen Antheil nimmt; eine Wirkung, welche durch Stoffe ver-

[1]) Phys. Végét., Tom. I, p. 181.

anlasst wird, die mit einander in Berührung sind, und unter dem Einflusse des sinkenden und steigenden Wärmegrades dieses abwechselnde Entstehen und Verschwinden der Stärke bedingen.

Es ist besser bekannt, was aus der Stärke, als woraus die Stärke gebildet wird. Hinsichtlich des ersteren Punktes hat die Erfahrung gelehrt, dass Dextrin und Zucker niemals fehlende Produkte sind, wenn die Stärke aus irgend einem Pflanzentheile verschwindet. Dass eben diese Stoffe unter anderen Verhältnissen Stärkmehl bilden können, lässt sich nicht bezweifeln; ähnliche Erscheinungen giebt es ja in der organischen Natur in Menge; z. B. die Ablagerung von Fett in das thierische Zellgewebe und die Auflösung desselben zu anderen Zeiten; die Ablagerung von Muskelfasern in den Muskeln, die Auflösung derselben in Krankheiten und die erneuerte Ablagerung derselben nach der Wiederherstellung. Solche Erscheinungen vorwärts und rückwärts sind gar nicht selten. Die Stärke erleidet dieselbe Verwandelung in perennirenden Pflanzentheilen. Sie scheint in vielen Pflanzen einen ähnlichen Zweck zu erfüllen, wie das Fett bei den Thieren, d. h. sie wird abgelagert, um später wieder aufgenommen und zum Stoffwechsel verwandt zu werden.

Ausser der Dextrin- und Zuckerbildung sind noch zwei Functionen der Stärke bekannt, nämlich die Bildung von Fett und Chlorophyll. Von beiden wird unten die Rede sein.

Moosstärke. Das Gewebe vieler Zellenpflanzen, besonders der Flechten, giebt, wenn es mit Wasser ausgekocht wird, einen gallertartigen Stoff, welcher in der Zusammensetzung der Stärke nahe kommt. Indess ist die Zusammensetzung desselben nicht immer so. Bei anderen ähnlichen Pflanzen trifft man wahren Pflanzenschleim, z. B. bei Sphaerococcus crispus, und der Name des *stärkmehlartigen Gewebes,* welchen man dem Gewebe der genannten Pflanzen beigelegt hat, muss also mehr beschränkt werden, als dies jetzt geschieht.

Unter welcher Form der genannte Stoff, jene gallertartige Substanz, die z. B. beim Auskochen der Cetraria islandica gebildet wird, in der Pflanze vorkommt, ist nicht bekannt. In den

feinen, haarförmigen Zellen, aus welchen diese Pflanzen grösstentheils bestehen, findet man zwar viele kleine Kügelchen, welche durch Kochen aufgelöst werden, allein die Menge derselben reicht nicht hin, um jene bedeutende Menge Moosstärke zu liefern, welche diese Pflanzen beim Kochen geben. (MEYEN, Physiologie.) Es ist wahrscheinlich, dass diese Stärke beim Kochen nicht aufgelöst, sondern bereitet wird aus einem Bestandtheil der Substanzen, welche die Cellulose jener Pflanzen einschliessen. Man sieht nämlich, wie sich beim Kochen die Zellmembranen stets mehr auflösen, und anstatt fest und dicht, wie sie früher waren, dünn und locker werden. Gut ausgekocht und weiter ausgezogen mit den bei der Cellulose genannten Lösungsmitteln, lassen die genannten Pflanzen endlich Cellulose zurück (vgl. S. 207). Es ist also unpassend, das ganze Gewebe stärkmehlartiges Gewebe zu nennen; es kommt wahre Cellulose ($C^{24}H^{42}O^{21}$) in demselben vor, und eine Substanz, welche beim Kochen in die wohlbekannte Moosstärke verwandelt wird.

Payen hatte schon früher angegeben, dass in der Moosstärke der Cetraria islandica auch Inulin vorkommt [1]. Später hat er diese Beobachtung bestätigt gefunden [2]; aber die Menge des Inulins ist äusserst gering. Wenn man ein Decoctum lichenis mit basisch essigsaurem Blei fällt, so schlägt man eine Verbindung, die nur aus Blei und Stärke besteht, nieder, während dabei Inulin in der Lösung bleibt; wenn man durch die abfiltrirte Flüssigkeit Schwefelwasserstoff hindurchstreichen lässt, so erhält man nur wenig nicht krystallisirbaren Zucker, der aus Inulin gebildet wurde. Die Bleistärke hat dieselbe Zusammensetzung wie die gewöhnliche Stärke ($C^{12}H^{20}O^{10}$), und nicht, wie *Payen* behauptet, $C^{12}H^{18}O^{9}$ [3].

Da nun die Cellulose aller Pflanzen und auch der Flechten

[1]) *Berzelius*, Lehrbuch, Bd. VIII, S. 452.

[2]) Ann. des Sc. nat., Août 1840, p. 85. Bot.

[3]) Aus Analysen der Moosstärke, welche im Jahre 1838 angestellt wurden, ergab sich für dieselbe folgende Zusammensetzung (Bulletin 1838, p. 41):

$C^{12} H^{20} O^{10} + \frac{1}{2}$ aq. ist, so kann nun in der Bildung der Moosstärke nichts mehr befremden. Denn im Allgemeinen darf man die Cellulose und das Dextrin als die Nahrungsstoffe der Stärke und des Zuckers in den Pflanzen betrachten, während die Cellulose ihrerseits aus Dextrin gebildet wird; indess findet man $\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser mehr in der Cellulose als in der Stärke, so dass die Anordnung der Theile in der Stärke und in der Cellulose nicht nur physikalisch, sondern auch chemisch verschieden ist. Darum ist von Inulin befreite Moosstärke von der Cellulose chemisch verschieden.

Die von Inulin befreite Moosstärke ist aber auch wirklich von Amylum verschieden. Die einem Decoct von Moosstärke durch Iod mitgetheilte Farbenveränderung lehrt dies schon. Es kommt

	gef. I.	gef. II.	At.	ber.
C	44,71	45,13	12	44,92
H	6,26	6,30	20	6,11
O	49,03	48,53	10	48,97.

Als Mischungsgewicht der Moosstärke wurde gefunden: 1129, oder die Hälfte von $C^{12} H^{20} O^{10} = 2042{,}04$.

Bei diesen Versuchen beobachtete ich zugleich, dass ein Theil des Decoctum lichenis durch Iod blau gefärbt wurde, während der übrige Theil gelb wurde. Diese beiden geschiedenen Farben zeigen sich grün, wenn die Stoffe mit einander vermengt werden. Ich bemerkte damals, dass die Farbe dieselbe ist, wenn man gewöhnliche Stärke und Inulin in Wasser löst und Iod hinzusetzt, wodurch die Farbe auch grün erscheint.

Payen hat später die Gegenwart von Inulin nachgewiesen, und auf die im Text angeführte Weise ist diese vollkommen erwiesen.

Das Decoctum lichenis mit Alkohol präcipitirt, giebt also ein Gemenge von Stärkmehl und Inulin, und obgleich beide nur durch $\frac{1}{2}$ Aeq. H^2O verschieden sind, so war dennoch eine Analyse von reiner Moosstärke, die ganz von Inulin befreit war, nicht überflüssig.

Eine Auflösung von Moosstärke in Wasser wurde dazu von *Beckers* mit basisch essigsaurem Blei präcipitirt; dadurch blieb das Inulin in der Flüssigkeit. Das ausgewaschene und bei 120° getrocknete Präcipitat gab für die jetzt von Inulin befreite Moosstärke:

C	44,48
H	6,00
O	49,52.

Dies ist wiederum die Zusammensetzung der Stärke, oder $C^{12} H^{20} O^{10}$.

in dieser Abkochung nur eine sehr kleine Menge Inulin vor, und nichts desto weniger ist die Farbe des durch Iod gefärbten Decoctes grün. Diese grüne Farbe nun würde nur bei wenig gewöhnlicher Stärke und bei einer grossen Menge Inulin auftreten können. Eine verdünnte Abkochung der Cetraria islandica zeigt, wenn sie mit Iod gefärbt und einige Zeit in Ruhe gelassen wird, eine gelbe Schichte auf dem Boden, und über dieser eine blaue. Es kommt also im Decoct sowohl gewöhnliche Stärke, wie Inulin vor; da aber die relativen Mengen der durch Iod gelb und blau gefärbten Stoffe sich nicht zu einander verhalten, wie die Mengen der Stärke und des Zuckers (der aus Inulin gebildet worden), welche durch basisch-essigsaures Blei aus dem Decocte ausgeschieden werden, so muss es in der Cetraria islandica noch eine dritte Art von Stärke geben, welche ebenso wie das Inulin durch Iod gelb gefärbt wird, und ebenso wie die Stärke durch basisch-essigsaures Blei gefällt werden kann; diese muss den Hauptheil der Moosstärke ausmachen.

Es ist indess nichts natürlicher, als Uebergangsformen von Cellulose zu solchen Körpern anzunehmen, welche an Stärke und Dextrin, oder an Stärke und Zucker grenzen, da alle diese drei Substanzen doch unzweifelhaft aus der Cellulose selbst bereitet werden, oder vielmehr aus Molecülen, aus welchen Cellulose gebildet werden sollte, die aber durch einen kleinen Unterschied der Verhältnisse andere Formen annehmen.

In anderen Kryptogamen findet man andere Stärkmehlarten. Aus Lichen fastigiatus erhält man durch Auskochen eine Amylumart, die ebenso wie die Moosstärke sich beim Abdampfen mit einer Haut überzieht, beim Erkalten aber nicht zu einer Gallerte wird. Sie ist in kaltem Wasser unlöslich, dehnt sich aber in demselben zu einer Gallerte aus. Lichen fraxineus giebt beim Auskochen eine ähnliche Stärkmehlart, welche ebenfalls beim Erkalten nicht zu einer Gallerte wird. Die vorletzte Art giebt mit basisch-essigsaurem Blei, welches gewöhnliche Stärke und isländische Moosstärke reichlich niederschlägt, einen gallertartigen, durchscheinenden Niederschlag; die letztere Art wird nicht

durch dasselbe gefällt. Eine Galläpfelinfusion, welche gewöhnliche Stärke und die des isländischen Mooses niederschlägt, fällt die der beiden letztgenannten Arten nicht.

Es giebt also mehre Stärkmehlarten, wahrscheinlich Verbindungen von Stärkmehl mit Dextrin oder mit Zucker; ein Beispiel der letzteren Art haben wir im *Inulin*.

Das Stärkmehl der Kryptogame ist der Untersuchung mehrmals unterworfen worden. *Vogel* hat dasselbe [1]), und nach ihm *Dietrich* [2]) z. B. in seinem Verhalten zum Iod untersucht. Bei den Flechten fand *Vogel*, dass Iod dasselbe nicht blau, sondern grün färbte. Nach *Meyen* wird aber das ganze Gewebe der Pflanzen durch Iod blau; da aber dieser Stoff sich durch Kochen nicht in Kleister verwandelt, hat ihn *Schleiden* Amyloid genannt. In den Stengeln der Lycopodiaceen, im Zellgewebe der Rhizocarpeen, in den sogenannten Antheren der Chara hat *Vogel* Stärkmehl nachgewiesen; *Dietrich* in Parmelia-Arten, Sticta pulmonacea, Spaerococcus crispus, Sphaerococcus Helminthochorton u. s. w. Wir sahen aber oben (S. 213), dass die Reaction auf Iod keineswegs hinreicht, um auf die Gegenwart von Stärkmehl zu schliessen, da *Mohl* und *Schleiden* gesehen haben, dass sich die Zellmembran selbst bei vielen Pflanzen durch Iod blau färbte. Zwischen der wahren Cellulose und dem Inulin liegen eine Menge Zwischenformen, von denen die Stärke nur ein einziges Glied ausmacht.

Inulin. In vielen Pflanzen — sogar weit mehr verbreitet als gewöhnliche Stärke, aber bis jetzt meistens übersehen, besonders aber in Dahlia, Helenium, Taraxacum — kommt eine Substanz vor, welche durch kochendes Wasser ausgezogen werden kann, und beim Erkalten niedergeschlagen wird, durch wiederholtes Kochen und Erkalten endlich löslich bleibt; durch langes Kochen in Wasser in nicht kristallisirbaren Zucker

[1]) *Linnaea*, Bd. 15, S. 59.

[2]) *Erdmann's* und *Marchand's* Journal 1842, Bd. 25, Heft 6, S. 377.

verwandelt wird [1]) und nach *Payen* auch durch Essigsäure [2]). Sie zeigt kleine Verschiedenheiten im Kohlenstoffgehalt, indem dieser am grössten ist, wenn sie beim Erkalten am leichtesten aus der Lösung gefällt wird, am kleinsten aber, wenn sie in kaltem Wasser löslich geworden ist.

Es sind viele Analysen dieser Substanz angestellt, worden bevor man ihre wahre Natur kennen gelernt hat[3]). Ueberraschend ist

[1]) Bulletin 1838, Scheik. Onderz. Deel I.

[2]) Ann. des Sc. nat. Bot. 1840, p. 86. Août.

[3]) Aus Analysen des Inulins von Helenium und Taraxacum habe ich für diese Substanz die folgende Zusammensetzung gefunden. (Bulletin 1838, p. 41.)

	Taraxacum.	Helenium.	At.	ber.
C	44,75	45,04	12	44,91
H	6,20	6,28	20	6,11
O	49,05	48,68	10	48,98.

Parnell hat darauf (Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 39, S. 213) für Inulin aus Georginen gefunden:

	I.	II.	III.	At.	ber.
C	43,95	44,07	43,90	24	43,71
H	6,34	6,45	6,41	42	6,25
O	49,71	49,48	49,69	21	50,04.

Indem er zu einer Auflösung von Inulin essigsaures Blei und darauf Ammoniak setzte, erhielt er in zwei Bereitungen zwei verschiedene Niederschläge:

	gef.	At.	ber.
C	16,65	24	16,42
H	2,44	42	2,35
O	18,48	21	18,81
PbO	62,43	5	62,42.

	gef.	At.	ber.
C	22,46	24	22,81
H	2,94	36	2,79
O	23,37	18	22,38
PbO	51,23	3	52,02.

Aus Untersuchungen von *Croockewit* (Scheik. Onderz., Deel I.) ergab sich, dass die Analysen von *Parnell* wirklich richtig sind. Er fand für Inulin aus Georginen:

C	43,95	43,90	44,01
H	6,30	6,28	6,21
O	49,75	49,78	49,78.

die Leichtigkeit, mit welcher sie in Zucker verwandelt wird, und da sie diesen Zucker mit sich verbinden kann, und besonders in den Verbindungen mit Basen beibehält, so muss sowohl die Elementaranalyse des Inulins aus verschiedenen Pflanzen

Das ist also 2 $(C^{12}H^{20}O^{10}) + H^2O$. Für Inulin aus Helenium erhielt er:

C	44,30	44,41
H	6,23	6,26
O	49,47	49,33.

Das ist 2 $(C^{12}H^{20}O^{10}) + \frac{1}{2} H^2O$, oder $\frac{1}{2}$ Aeq. Wasser weniger, als ich gefunden hatte.

Aus Inulin von Dahlia und von Helenium hat er Bleisalze untersucht, die aus denselben Mengen in gleich vielem Wasser gelösten Inulins und durch dieselbe Mischung von essigsaurem Blei und Ammoniak gefällt waren. Diese Bleisalze waren unter einander verschieden, aber noch viel mehr bei einer Wiederholung derselben Bereitungsweise mit anderen Mengen.

I. Helenium.

	gef.	At.	ber.
C	21,52	24	22,81
H	2,85	36	2,79
O	22,56	18	22,38
PbO	53,07	3	52,02.

I. Dahlia.

	gef.	At.	ber.
C	25,20	32	26,22
H	3,32	48	3,21
O	27,56	24	25,72
PbO	43,92	3	44,85.

II. Helenium.

	gef.	At.	ber.
C	19,13	24	19,22
H	2,39	38	2,48
O	20,61	19	19,89
PbO	57,87	4	58,41.

II. Dahlia.

	gef.	At.	ber.
C	17,38	16	18,10
H	2,16	24	2,22
O	18,32	12	17,76
PbO	62,14	3	61,92.

und nach verschiedenen Bereitungsweisen, wie die ihrer Verbindungen mit anderen Körpern abweichende Resultate geben.

Die Zusammensetzung des in kaltem Wasser unlöslichen Inulins ist:

$$C^{12} H^{20} O^{10}.$$

Es hat in dieser Form die Zusammensetzung der Stärke und theilt mit dieser einige Eigenschaften, wird aber weder durch warmes Wasser in Kleister verwandelt, noch durch Iod blau, sondern gelb gefärbt. Es kann mit gleichem Rechte eine in kaltem Wasser unlösliche, geschmacklose Zuckerart, wie eine Stärkmehlart genannt werden. Die oben angeführte Zusammensetzung hatte Inulin aus Taraxacum und Helenium. Bei einer anderen Bereitungsweise des Inulins aus Helenium, bei

Von vier Bleisalzen, von denen je zwei auf dieselbe Weise bereitet wurden stimmen keine zwei mit einander überein. Wenn wir aq. für PbO setzen, so haben wir für

Helenium I. $C^{24} H^{36} O^{18} + 3$ aq.
II. $C^{24} H^{36} O^{18} + 5$ aq.

und für Dahlia I. $C^{32} H^{48} O^{24} + 3$ aq.
II. $C^{32} H^{48} O^{24} + 6$ aq.

Sie enthielten also nicht dieselbe Substanz. Es hat sich gezeigt, dass diese Blei-Inulinverbindungen glucinsaure Salze enthielten, und dass es vielleicht keine reine Inulinverbindungen giebt.

Hieraus wurde geschlossen, dass das Inulin, wenn es in kaltem Wasser löslich ist, kein reiner chemischer Körper mehr ist, sondern eine Verbindung von nicht kristallisirbarem Zucker und fällbarem Inulin.

Die Analysen von *Payen* (Ann. des Sc. nat. Août, 1840, p. 91 Bot.) bestätigen dies vollkommen.

Gewöhnliches Inulin.				Lösliches Inulin.		
bei 150°		At.	ber.	bei 170°	At.	ber.
C	44,55	24	44,91	44,19	24	43,71
H	6,12	40	6,11	6,17	42	6,25
O	49,33	20	48,98	49,70	21	50,04.

Payen nimmt diesen Unterschied nicht an, sondern nennt sie beide isomer. Aus den obenstehenden Versuchen aber, und aus einem Plus an Kohlenstoff in seiner ersten Analyse ist es ein unwiderleglicher Schluss, dass fällbares Inulin weniger Wasser enthält, als das lösliche.

welcher das Inulin nicht so schwer beim Erkalten der warmen Lösung aufgelöst blieb, war die Zusammensetzung:

$$2\,(C^{12}H^{20}O^{10}) + \tfrac{1}{2}\,H^{2}O.$$

Aus Georginenwurzeln hat das Inulin, sowohl wenn es schwerer, wie wenn es leichter in der kalt gewordenen Flüssigkeit gelöst bleibt, die Zusammensetzung:

$$2\,(C^{12}H^{20}O^{10}) + H^{2}O.$$

Diese steigende Wassermenge ist einer Beimengung von nicht kristallisirbaren Zucker zuzuschreiben, mit welchem Inulin innig verbunden wird.

Sucht man Inulin mit Basen zu verbinden, so erhält man immer ein Gemenge einer Inulinverbindung mit einer glucinsauren Verbindung. Der nicht kristallisirbare Zucker, der im Inulin schon vorhanden ist, verwandelt sich durch eine Basis in Glucinsäure. Reine Inulinverbindungen giebt es höchst wahrscheinlich nicht.

Giebt es ein reines Inulin?—Nach den bekannt gewordenen Erfahrungen muss dies bezweifelt werden. Die einzige Bereitungsweise, durch welche es aus den Pflanzen erhalten werden kann, führt es mit sich, dass unmittelbar etwas Zucker gebildet werden muss, der mit dem nicht in Zucker verwandelten Inulin verbunden wird. Andererseits aber hat es sich ergeben, dass in der Pflanze selbst die Umsetzung von Inulin in Zucker schon vor sich geht, und dass dadurch das Inulin aus Helenium und Dahlia wirklich in der Zusammensetzung um ½ Aeq., ja um b Aeq. Wasser verschieden sein können.

Diese ausserordentlich leichte Verwandlung von Inulin in Zucker giebt demselben ebenso wie dem Dextrin eine Stelle zwischen dem Zucker und der gewöhnlichen Stärke. In vielen Pflanzen ist das Dextrin ein Uebergangsstoff von Stärke zu Zucker, so wie es der Fall ist, wenn Schwefelsäure oder Diastase auf Stärkmehl einwirken; in anderen Pflanzen ist das Inulin ein solcher Uebergangsstoff von Stärke zu Zucker, ohne dass hierbei Dextrin gebildet wird; vielleicht auch von Cellulose zu Zucker. Deshalb kommt in vielen Pflanzen Inulin vor, ver-

schwindet aber zu manchen Zeiten schnell, und die Pflanzen werden süss.

Da in Wasser leicht lösliches Inulin vollkommen dieselbe Zusammensetzung hat wie die Cellulose, so ist es wahrscheinlich, dass es aus dieser und nicht aus gewöhnlicher Stärke bereitet wird.

Den innigen Zusammenhang, den *Raspail* zwischen Stärkmehl und Inulin sehen will, weil gewöhnliches Stärkmehl in den Knollen von Helianthus tuberosus statt des Inulins vorkommt, scheint mir aller Beweiskraft zu ermangeln. Die wildwachsenden Wurzeln von Daucus carota enthalten fast keinen Zucker und sind nicht essbar; die Cellulose ist in denselben inkrustirt; ebenso in vielen anderen Kulturpflanzen.

Meyen hat gesehen, dass gelöstes Inulin in den frischen Dahliaknollen vorkommt, und durch Gefrieren in Gestalt von Kügelchen abgelagert werden kann, die nach ihm mit denen der Stärke übereinstimmen, so dass zwei, oder drei, oder mehr an einander befestigt sind; nur bestehen sie nicht aus concentrischen Schichten wie die Amylumkörnchen. In den frischen und lebenden Knollen sieht man, bevor sie gefroren sind, keine Spur von Kügelchen. Der Saft der Dahliaknollen kann durch Papier filtrirt, durch Eiweiss geklärt werden, und er giebt dennoch beim Verdampfen und Erkalten einen Niederschlag von Inulin. [1])

Dextrin und Gummi.

Durch Röstung, durch eine in gekeimter Gerste vorkommende Substanz, die *Diastase* genannt wird, durch verdünnte Schwefelsäure wird Stärkmehl in eine Substanz verwandelt, welche in Wasser löslich ist und fast in allen Pflanzentheilen angetroffen wird; eine Substanz, welche *Dextrin* genannt wird, und aus einem physiologischen Gesichtspunkt nicht mit dem, was wir *Gummi* zu nennen gewohnt sind, verwechselt werden

[1]) Pflanzenphysiologie, Bd. 2, S. 284.

darf. Letzteres schwitzt aus Rissen in den Rinden vieler Acacia-Arten aus, und wenn es der Luft ausgesetzt und durch Austrocknen vom Wasser befreit worden ist, zeigt es sich als einen fast reinen chemischen Körper, der in den meisten Eigenschaften und in der Zusammensetzung mit der obengenannten Substanz, die Dextrin genannt wird, übereinstimmt. Sie sind beide in der procentischen Zusammensetzung dem Amylum gleich: $C^{12} H^{20} O^{10}$ [1]). Das Dextrin wird aus diesem, wenn es in Klei-

[1]) Nach einer Analyse von *Berzelius* besteht Gummi arabicum aus:

	gef.	At.	ber.
C	42,68	12	42,58
H	6,37	22	6,37
O	50,95	11	51,05,

und es soll zweibasisch sein, d. h. sich mit 2RO verbinden.
Payen hat vom Dextrin eine Formel

$$C^{12} H^{18} O^{9} + 2\,RO$$

angegeben, so dass nach ihm $2H^2O$ durch 2 PbO z. B. vertreten werden können; er wurde von *Dumas* dazu bestimmt, der glaubte, dass Dextrin, bei 180° getrocknet, alles Wasser unter dem Einflusse einer Metallbasis verlieren müsste. Die Analysen der Verbindung von Dextrin mit Blei, von *Payen* geben zwar folgendes Resultat (Ann. de Chim. et de Phys. Tom. 65, p. 249):

	gef.	At.	ber.
C	19,2	12	19,45
H	2,4	18	2,38
O	19,3	9	19,17
PbO	59,1	2	59,00,

allein bei einer viel niedrigeren Temperatur als 180°, nämlich bei 135°, wird Gummi schon gelb gefärbt, und bei 180° kann also das Dextrin kein Dextrin mehr sein. (Bulletin 1838, p. 132.) Bei 160° giebt Gummi einen brenzlichen Geruch von sich, und es gab bei der Analyse:

C	46,11
H	6,06
O	47,83.

Dieser Körper ist indess kein Gummi mehr, sondern ein Gemenge pyrochemischer Stoffe. Bei 130° getrocknet, gaben mir folgende Gummiarten die angeführten Resultate:

	Gummi arabic.	Gummi Senegal.	Java-Gummi.	At.	ber.
C	45,10	44,92	45,22	12	44,92
H	6,10	6,09	6,09	20	6,11
O	48,80	48,99	48,69	10	48,97.

ster verwandelt ist und sich selbst überlassen bleibt, nach einiger Zeit, in reichlicher Menge gebildet.

Aus Cellulose kann durch Diastase ebenso wie durch verdünnte Schwefelsäure Dextrin bereitet werden; die Schwefelsäure kann auch aus inkrustirter Cellulose (Holz) Dextrin bilden. Da indess der inkrustirende Stoff in der Zusammensetzung von der Cellulose verschieden ist, und H^2 und O nicht im Wasserbildungsverhältnisse enthält, müssen hierbei noch andere Produkte gebildet werden, die aber noch nicht bekannt sind (S. 212). Von der Diastase ist, um Dextrin z. B. aus Stärke zu bilden, nur eine ausserordentlich kleine Menge nöthig. Wenn die Einwirkung der Diastase oder der verdünnten Schwefelsäure länger fortgesetzt, oder wenn eine grössere Menge derselben angewandt wird, so entsteht Traubenzucker.

Eines solchen Mittels bedient sich unzweifelhaft die Natur um aus Cellulose Dextrin, oder aus diesem Stärke, Zucker zu bilden. Es braucht indess nicht gerade Diastase zu sein; es kann in den Pflanzen eine andere Substanz vorhanden sein, welche die Cellulose zu Dextrin umsetzt. Da aber die Diastase in keimender Gerste, ohne allen Einfluss der Kunst, aus Stärke gebildet wird, so kann sich dieselbe auch in den Pflanzen entwickeln und Cellulose in Dextrin verwandeln. Es ist wahrscheinlich, dass alle Dextrinbildung in den Pflanzen selbst durch eine ähnliche Substanz wie die Diastase vorbereitet wird, und dass die Dextrinbildung aus Cellulose oder Stärke ein einfacher chemischer Prozess ist, an welchem die Pflanze durchaus keinen weiteren Antheil nimmt.

Bei 130° getrocknet, gab aus Gummi arab. bereitetes Bleigummi:

C	45,29	45,23	44,98
H	6,10	6,01	6,00
O	48,61	48,76	49,02.

Gummi hat also die Zusammensetzung der gewöhnlichen Stärke, und nicht, wie *Dumas* und *Payen* behauptet haben, C^{12} H^{18} O^{9}.

Es ist kein Grund vorhanden, vom Dextrin etwas Anderes für möglich zu halten.

Beinahe alle Pflanzen enthalten in ihren Säften eine gewisse Menge Dextrin; in den bekannten Analysen der meisten Pflanzentheile trifft man es unter dem Namen Gummi. Wenn einem Aeq. Cellulose 1 Aeq. Wasser genommen wird, so sind 2 Aeq. Gummi oder Dextrin gebildet. Es kann also ein Theil der Zellmembranen, ohne die Zelle zu vernichten, durch Katalyse in Dextrin umgesetzt werden, wenn in dem die Zellen durchströmenden Pflanzensaft eine äusserst kleine Menge einer Substanz wie die Diastase vorkommt. Diese Substanz ist freilich noch nicht in den Pflanzen nachgewiesen, aber man hat allen Grund, die Gegenwart derselben für wahrscheinlich zu halten und die Dextrinbildung in den Pflanzen mit der künstlichen zu vergleichen.

Man verwechsele nicht mit Dextrin, was wir Gummi zu nennen pflegen. Es giebt ja einen wesentlichen Unterschied zwischen Dextrin und Gummi. Ersteres kann durch Schwefelsäure oder Diastase in Traubenzucker verwandelt werden, letzterem geht diese Eigenschaft ab. Dieser Unterschied ist wichtig, sowohl hinsichtlich des Ursprungs, als der Produkte beider.

Dextrin gehört zu den Nahrungsstoffen; alle Stärke, die als Nahrung genossen wird, wird in Dextrin verwandelt; der Magensaft hat die Fähigkeit, aus Stärkmehl Dextrin zu bilden, und ebenso aus der Cellulose.

Die verschiedenen in der Natur vorkommenden Gummi-Arten, sind durch wenige Unterschiede in den Eigenschaften verschieden. Sie enthalten alle eine gewisse Menge von Basen, und sind als Verbindungen von Gummi mit Kali, Kalk u. s. w., mit reinem Gummi gemengt, zu betrachten. Bei der Verbrennung lassen sie alle Asche zurück. Wenn sie aus Pflanzenstoffen entstehen, die alle mehr oder weniger mit Basen vermengt und verbunden sind, kann das Gummi nicht als ein rein chemischer Körper zum Vorschein kommen. In Pflaumen-, Kirschen-Gummi u. s. w. findet man ausserdem harzige, gefärbte Stoffe, etwas Pflanzenschleim u. s. w., so dass dieselben weniger reine Gummi-Substanz genannt werden müssen. Das Gummi der Acacia-Arten ist

bei weitem das reinste, kann aber der Entstehungsweise wegen auf keinen Fall chemisch rein sein. Daher geben die verschiedenen Gummi-Arten mit den einzelnen Reagentien verschiedene Reactionen. Alle diese Gummi-Arten sind Ausscheidungsprodukte der Pflanze; sie sind wahrscheinlich wohl aus Dextrin entstanden, theilen aber mit dem Dextrin keineswegs die Eigenschaft, in Zucker verwandelt zu werden. Das Dextrin ist in den Pflanzensäften ein wichtiger Bestandtheil derselben; das Gummi ist ein für die Pflanzen ziemlich indifferentes Pflanzenprodukt. Das Gummi findet man nur in einigen Pflanzen, das Dextrin ist hingegen ein allgemeiner Pflanzenbestandtheil, der in den sich entwickelnden nicht fehlen kann.

Wenn man die Bildung der Cellulose, einer in Wasser unlöslichen Substanz, in so sehr verschiedenen Pflanzentheilen betrachtet, eine Bildung, welche nur aus Stoffen, die durch eine Flüssigkeit herbeigeführt und durch die Poren der Zellen durchgedrungen ist, also aus einer aufgelösten Substanz stattfinden kann, so kommt man gleichsam von selbst zu der Vermuthung, dass das Dextrin dazu verbraucht werde. Dextrin ist ja ein allgemeiner Pflanzenbestandtheil; es fehlt beinahe nie bei einer Analyse irgend eines Pflanzentheils oder irgend eines Pflanzensaftes. Wir kennen keinen zweiten Stoff der Art, der dazu sollte dienen können. Wir dürfen es als ausgemacht annehmen, dass in den Pflanzensäften das Rudiment der Cellulose vorkommen muss, und zwar in aufgelöster Form, so dass es als Flüssigkeit durch die Zellenwände durchdringen und neue Cellulose zur Vermehrung der Anzahl der Zellen herbeiführen könne. Es kann dazu keine andere Substanz dienen, als das Dextrin selbst. In jugendlichen Pflanzen trägt indess auch der Zucker dazu bei. Die Entwickelung von Dextrin und Zucker, wenn die Samen keimen, Produkten der Stärke derselben unter der Einwirkung des Eiweissstoffs (vgl. Zucker), führt zu der Vermuthung, dass wirklich die Cellulose des jugendlichen Pflänzchens aus diesem Dextrin und aus dem Traubenzucker der sich entwickelnden Samenlappen gebildet wird. Bei der Ernährung der Pflanzen kommen wir hier-

auf näher zurück. Hier sei es genug, zu bemerken, dass in vielen erwachsenen Pflanzen kein Zucker vorkommt, während im Gegentheil in allen Dextrin gefunden wird, so dass also über den Nutzen des letzteren zur Zellenbildung kein Zweifel herrschen kann.

Wo das Dextrin in den Pflanzen gebildet wird, ist nicht zweifelhaft. Zunächst kommen hier die äussersten Wurzelspitzen in Betracht. Die sich dort ausdehnenden Zellenreihen werden ohne Zweifel aus Dextrin gebildet. Dort ist also ihre erste Entstehung sichtbar: eine sich organisirende Dextrinlösung ist die Quelle der Cellulose, jedenfalls die Lösung einer Substanz, welche C und H^2O enthält, und die zu dem Zeitpunkte, in welchem sich Zellen bilden, vom Dextrin in der Zusammensetzung nicht verschieden sein kann. Von dort kann sie sich durch die ganze Pflanze bewegen; aber es muss auch anderswo Dextrin gebildet werden, überall nämlich, wo Zellenwandungen aufgelöst werden (vgl. die Zellenbildung) [1].

So wie das Dextrin also ein Nahrungsstoff für die Cellulose ist, so ist es zugleich ein Nahrungsstoff für Stärke und für Zucker, und vielleicht für andere Pflanzenprodukte. Aus demselben entsteht gleichfalls das Gummi in den Pflanzen, eine Substanz, welche sich in den Intercellulargängen bisweilen zu einer ansehnlichen Menge anhäuft, oder sich an der inneren Seite der Rinde zu grossen Mengen ansammelt, wo sie durch kleine Oeffnungen austritt, und so das Gummi arabicum, das Pflaumen-Gummi u. s. w. bildet. Von Anacardium orientale erzählt *de Candolle*, dass sie ein Stück von ungefähr 40 Pfund durch eine einzige Oeffnung hinausgetrieben hatte.

Man kann also kaum einen für das Pflanzenreich wichtigeren Bestandtheil nennen, als das Dextrin. Es ist für die Pflanzen ungefähr, was das Protein für die Thiere ist: ein

[1]) In den Cactusarten findet man durch die ganze Pflanze im Pflanzensaft eine reichliche Menge Dextrin.

Körper, aus welchem die wichtigsten Bestandtheile für den Organismus entwickelt werden müssen.

Wenn wir die Formel des Dextrins annehmen, so wie wir dieselbe für Gummi gefunden haben, so besteht die Bildung der Cellulose aus demselben in der Aufnahme von 1 Aeq. Wasser:

$$2\,(C^{12}\,H^{20}\,O^{10}) + H^2O = \text{Cellulose}.$$

Die Bildung von Stärke aus Dextrin besteht bloss in einer isomeren Umsetzung des Dextrins; beide haben ja dieselbe Zusammensetzung. Ebenso verhält es sich mit der Bildung von arabischem, Senegal-, Pflaumen-, Kirschen-Gummi aus Dextrin, die alle unter einander isomer sind. Die Bildung des Zuckers aus Dextrin endlich, die verschieden ist, je nachdem Rohrzucker, oder Traubenzucker, oder Fruchtzucker gebildet wird, besteht nur in einer Ausscheidung oder Aufnahme von Wasser.

Zucker.

Der von den Pflanzen bereitete Zucker hat zur Grundformel $C^{12}\,H^{18}O^9$, und ist also von der Cellulose und der Stärke in ihren verschiedenen Modificationen, von dem Dextrin und dem Gummi nur durch den Wassergehalt verschieden. Er kommt in vielen Pflanzen fertig gebildet vor. Er zeigt sich auch im Thierreich: hier in Diabetes mellitus als Krankheitsprodukt. Als Zersetzungsprodukt des Gelatins durch Alkalien entsteht eine Zuckerart, die, wenn sie auch stickstoffhaltig ist, einen innigen Zusammenhang mit dem gewöhnlichen Zucker zeigt.

Die bekannten Zuckerarten des Thier- und Pflanzenreichs sind:

Milchzucker $C^{24}\,H^{38}\,O^{19} + 5\,H^2O$ [1]),

Rohrzucker $C^{12}\,H^{18}\,O^9 + 2\,H^2O$,

[1]) Nach *Berzelius* ist der Milchzucker so zusammengesetzt:

	gef.	At.	ber.
C	40,13	24	40,46
H	6,76	48	6,61
O	53,11	24	52,93.

Traubenzucker, Diabeteszucker, Honigzucker, Stärkmehlzucker Fruchtzucker:

$$C^{12} H^{24} O^{12} + 2 H^2 O.$$

Bei 120° ist er $C^{24} H^{42} O^{22}$, bei 150° $C^{24} H^{38} O^{19}$, während er mit Bleioxyd verbunden $C^{24} H^{38} O^{19} + 5 PbO$ oder $+ 10 PbO$ bildet.

Der Rohrzucker ist ebenfalls von *Berzelius, Gay-Lussac* und *Thénard* und Anderen, zuletzt von *Peligot* und von mir untersucht. (Ann. de Chim. et de Phys. Tom 67, p. 120).

	Berzelius.	*Gay-L.* und *Thénard.*	*Peligot.*	At.	ber.
C	42,22	42,47	42,26	12	42,11
H	6,60	6,40	6,60	22	6,37
O	51,18	51,13	51,14	11	51,52.

Mit Bleioxyd verbunden, wird bei 100° ein Aeq. Wasser ausgetrieben (Bulletin 1839, p. 300), und die Zusammensetzung dieser Verbindung ist:

	gef.	At.	ber.
C	18,76	12	18,99
H	2,69	20	2,58
O	21,40	10	20,70
PbO	57,15	2	57,73,

ein Resultat, welches *Berzelius* schon früher erhielt. Grade bei 141° fängt die Verbindung mit Blei an, das zweite Aeq. Wasser zu verlieren, und lässt, bei 150° getrocknet, ein Salz von folgender Zusammensetzung zurück:

	gef.	At.	ber.
C	19,40	12	19,44
H	2,50	18	2,38
O	18,91	9	19,07
Pbo	59,19	2	59,11.

Die kräftige Weise, in der dies letzte Aeq. Wasser bis auf 141° zurückgehalten wird, obgleich der Zucker schon 2 PbO aufgenommen hat, ist bemerkenswerth.

Traubenzucker, Diabeteszucker, Honigzucker, Stärkmehlzucker, Fruchtzucker haben alle $C^{12} H^{28} O^{24}$; sie sind von *de Saussure, Prout* und *Peligot* untersucht. (Ann. de Chim. et de Phys. Tom. 67, p. 142.)

	Traubenzucker.	Stärkmehlzucker.	Honigzucker.	Diabeteszucker.
C	36,71	37,29	36,36	36,7
H	6,78	6,84	63,64 (H + O)	7,3
O	56,51	55,87		56,0.

	At.	ber.
C	12	36,8
H	28	7,0
O	14	56,2.

Hierher gehört ebenfalls der nicht kristallisirbare Zucker (Kartoffelsyrup), den *Dumas Glucose* nannte, Andere Fruchtzucker nennen.

Der nicht kristallisirbare Zucker, der bei der Zersetzung vieler Pflanzen gewonnen wird, hat dieselbe Zusammensetzung wie kristallisirbarer Traubenzucker.

Aus Stärke wird durch Diastase und Schwefelsäure derselbe Zucker gebildet; das Dextrin, der Elementarstoff vieler Substanzen in den Pflanzen, giebt unzweifelhaft, unter dem Einflusse mancher Stoffe in den Pflanzen, Zucker. Durch Diastase wird ja aus Cellulose Dextrin und Zucker bereitet.

Durch die Einwirkung von Schwefelsäure auf Gelatin entsteht eine stickstoffhaltige Zuckerart:

$$C^8 H^{18} N^4 O^7.$$

Wenn wir davon ½ Aeq. Rohrzucker abziehen:

$$C^6 H^{10} O^5,$$

so bleibt. $C^2 H^8 N^4 O^2$, oder Harnstoff übrig.

Zwischen allen diesen Zuckerarten besteht also ein inniger Zusammenhang, der sich auf die Cellulose, die gewöhnliche Stärke, die Stärkmehlarten der Flechten, das Inulin, das Dextrin und alle Gummi-Arten ausdehnt. Alle diese Körper enthalten H^2 und O im Wasserbildungsverhältnisse mit Kohlenstoff verbunden. Sie entstehen, da C^{12} in allen ein oder mehre Male vor-

Durch Erhitzung bis auf 140° verliert er 2 Aeq. = 9% Wasser, und wird dann $C^{12} H^{24} O^{12}$. Nach *Peligot* ist das Bleisalz, bei 150° getrocknet:

$$C^{24} H^{42} O^{21} + 6\ PbO.$$

Der Leimzucker hat folgende Zusammensetzung (Bulletin 1838, p. 146, und Scheik. Onderz. Deel I.):

	gef.	At.	ber.
C	34,27	8	34,39
H	6,51	18	6,32
N	19,84	4	19,92
O	39,38	7	39,37.

In Verbindung mit Bleioxyd hat er 2 Aeq. aq. verloren, und ist

$$C^8 H^{14} N^4 O^5 + 2\ PbO.$$

Mit Salpetersäure bildet er Leimsüsssalpetersäure: $C^8H^{14}N^4 O^5 + 2N^2O^5 + 4$ aq.

kommt, durch eine höchst einfache Verwandlung aus einander, durch rein katalytische Einwirkungen, und der Prozess, durch den sie in Pflanzen oder Thieren gebildet werden, ist also ein einfacher chemischer Prozess.

Der Rohrzucker hat die grösste Beziehung zum Stärkmehl und zum Dextrin, obgleich er wesentlich von diesen verschieden ist, indem er 1 Aeq. aq. weniger enthält. Es ist wahrscheinlich in Früchten die Zuckerart, welche zuerst gebildet wird, indem er nachher in Traubenzucker umgesetzt wird durch die Aufnahme von 3 Aeq. aq. Es entsteht sehr leicht aus Rohrzucker Traubenzucker, durch Gährung, durch Diastase, durch verdünnte Säuren. Es verdient Beachtung, dass ausser im Zuckerrohr, in den Runkelrüben, im Ahorn und einigen wenigen anderen Pflanzen stets $C^{12} H^{28} O^{14}$, d. h. Traubenzucker, und nicht $C^{12} H^{22} O^{11}$, d. h. Rohrzucker, vorkommt. In den Pflanzen, in welchen der letztere angetroffen wird, scheinen also die Stoffe (Säuren?) zu fehlen, welche in den ersteren mehr Wasser an den Elementarstoff $C^{12} H^{18} O^{9}$, den man sich in der Cellulose, dem Stärkmehl, dem Dextrin und dem Gummi, und auch im Rohrzucker denken kann, binden können. Der Schleimzucker, Glucose, der früher stets bei Analysen erwähnt wurde, scheint bei der Zersetzung von Pflanzentheilen aus Inulin (vgl. S. 230), oder aus kristallisirbarem Zucker gebildet zu werden. Ebenso der Syrup bei der Rohrzucker-Ausscheidung. Eine gehörig geleitete Behandlung giebt jetzt viel mehr kristallisirbaren Zucker, als früher der Fall war, bei der Behandlung des Zuckersaftes aus Zuckerrohr und bei dem Raffiniren des Zuckers.

Besonders ist die Verbindung einer reichlichen Wassermenge mit dem genannten Elementarstoff im thierischen Körper wichtig, zunächst bei der Bildung von Diabeteszucker aus Rohrzucker oder Stärke im Diabetes mellitus, und bei der Bildung von kristallisirtem Milchzucker:

$$2\ (C^{12} H^{24} O^{12}),$$

einer Zuckerart, die in der Milch gefunden wird, und ein von allen anderen Zuckerarten verschiedenes Atomgewicht hat. Die

Pflanzen stimmen darin mit den Thieren überein, dass von beiden derselbe Impuls auf die Elemente der Cellulose, des Dextrins, des Stärkmehls (und schon gebildeter Zuckerarten) ausgeht, um wasserreichere Zuckerarten aus denselben zu bilden.

Der Zusammenhang, der zwischen Rohrzucker und Leimzucker stattfindet, einer stickstoffhaltigen Zuckerart, welche durch Säuren aus Leim gewonnen wird, führt zunächst zu der Vermuthung, dass alle diese complexe Stoffe, wenn sie auch verschieden sind, doch einen oder mehre Elementarstoffe mit einander gemein haben; er zeigt uns aber auch, dass der Zucker, der den Thieren als Nahrung geboten wird, oder Zucker, der aus geinsaurer Cellulose, Stärkmehl oder Dextrin — welche Stoffe sich bei der Verdauung so leicht in Zucker verwandeln — gebildet wird, wirklich zu den Bestandtheilen des thierischen Körpers gehört. Es ist doch wahrscheinlich, dass die Schwefelsäure den Leimzucker nicht bildet, sondern ihn nur aus seinen Verbindungen löst. In den Thieren ist also der Zucker ein Theil der leimgebenden Gewebe, und er kann aus denselben von seinen Verbindungen gelöst, denselben Zweck erfüllen, als wenn Rohr- oder Traubenzucker dem Thier als Nahrung geboten wäre. Aus diesem Grunde gehört der Leimzucker wirklich zu den Nahrungsstoffen.

Wenn in der That Leimzucker eine Verbindung von Rohrzucker ist, in dem 1 Aeq. aq. durch 1 Aeq. Harnstoff ersetzt ist, so ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass der als Nahrungsstoff in den Körper gebrachte Zucker im thierischen Körper vielerlei Verbindungen eingehen kann, und keineswegs ausschliesslich dazu dient, nur die eine Function der Respiration zu erhalten; wenn im thierischen Körper Leimstoff bereitet wird, so kann der Zucker der Nahrungsstoffe, oder der aus Stärkmehl in den Eingeweiden gebildete dazu verwendet werden.

Wo der Zucker in den Pflanzen gebildet wird, ist unbekannt. Er wird aber aus einer bestimmten Zellenreihe, in der er wahrscheinlich aus Dextrin entstanden ist, durch die ganze Pflanze fortbewegt, in einigen zu einer grossen Menge ange-

häuft, und sogar hier und da in reichlichem Maasse nach aussen getrieben. Ein Beispiel liefern die Nectarien, in denen häufig der durch Verdunstung des Wassers concentrirte Zuckerstoff eine schöne Masse von Zuckerkristallen zeigen kann. Wenn sich der Zucker in bestimmten Zellenreihen anhäuft, so wird er doch nicht, wie das Gummi, zu einer fast festen Substanz, sondern er bleibt in dem Zustande eines, wenn auch in einigen Pflanzen sehr concentrirten, Pflanzensaftes. Die Ursache davon ist seine grosse Löslichkeit in Wasser, und der Umstand, dass die Lösung in den Gefässen oder Zellen eingeschlossen bleibt. Durch Auspressen der zuckerhaltigen Pflanzentheile, und also durch das Zerreissen der Gefäss- und Zellenwandungen, erhält man denn auch fast allen Zucker, so dass die ausgepressten Theile nur wenig von demselben zurückhalten. Aus Birken und anderen Bäumen fliesst im Frühling ein Zuckersaft, der, wenn man ihn der Gährung aussetzt, Birkenwein liefert. Nach *Knight* ist der Birkensaft um so reicher an Zucker, je weiter er von der Wurzel gesammelt wird, was beweist, dass unterwegs der aus der Wurzel aufsteigende Saft, der wahrscheinlich in reichlicher Menge Dextrin enthält, indem er durch die Zellenwandungen zieht, in Zucker verwandelt wird. Man hat neuerdings vorgeschlagen, aus den Maisstengeln Zucker zu bereiten, bevor die Frucht angesetzt hat; der Stengel enthält dann eine reichliche Menge Zuckersaft [1]). Das Thränen des Weinstocks ist eine bekannte Erscheinung. Aus Acer saccharinum wird in Nordamerika ebenfalls Zucker gewonnen, indem man im Frühling durch die Rinde bis auf eine kleine Strecke ins Holz ein Loch bohrt. Aus einer Oeffnung erhält man so in 24 Stunden im Mittel 8 Litres Flüssigkeit von einer Dichtigkeit von 1,006 — 1,003.

Dass zu den wahren Zuckerarten nur diejenigen gehören, welche H^2 und O im Wasserbildungsverhältnisse enthalten und bei der Gährung Weingeist liefern können, ist aus der allgemeinen Chemie bekannt. Die Entstehung von Mannit $C^6 H^{14} O^6$, von

[1]) *Pallas, Soubeiran* und *Biot*, in Comptes Rendus, 12. Septembre 1842.

Glycyrrhizin $C^{16} H^{24} O^{6}$ [1]) und ähnlichen süssen Körpern, gehört nicht zur Zuckerbildung. Sie entstehen wahrscheinlich aus der Zersetzung von Rohr- oder Traubenzucker in den Pflanzen; der Mannit z. B. entsteht aus Runkelrübensaft, wenn dieser bei einer hohen Temperatur gährt, und bei der Umsetzung von Stärkmehl in Traubenzucker durch Schwefelsäure. Nach *Mitscherlich* liefert sogar Tamarix gallica, var. mannifera Ehrenb. — eine Pflanze, welche zu den Manna erzeugenden gehört — nur Traubenzucker, und sie soll durchaus keinen Mannit enthalten. Von dem Mannit ist also fast ausgemacht, dass er ein Zersetzungsprodukt des Traubenzuckers ist, und dass in den mannaliefernden Pflanzen erst Traubenzucker gebildet wird.

Bei der Umsetzung von Rohrzucker in Mannit, durch Gährung bei einer höheren Temperatur, wird zugleich Milchsäure gebildet, eine Säure, von der es oft heisst, dass sie ein Bestandtheil der Pflanzen sei, die aber nur ein Zersetzungsprodukt des Zuckers ist. Wenn Runkelrübensaft einer Temperatur von 30^0 — 40^0 ausgesetzt wird, so geräth er in Gährung, der Rohrzucker verwandelt sich in Traubenzucker und nach einiger Zeit ist auch dieser verschwunden, und man findet Mannit und Milchsäure an der Stelle desselben, und eine gummiähnliche Substanz von der Zusammensetzung des arabischen Gummi. Die letztere Substanz ist bemerkenswerth, weil sie ein Beispiel liefert für die Bildung von Gummi (Dextrin?) rückwärts aus Zucker, eine Verwandlung, welche hier künstlich erzeugt wird, und in den Pflanzen wahrscheinlich häufiger vorkommt. Wir sehen ja, wie zuckerhaltige Früchte oft ihren süssen Geschmack verlieren und — wie wir es nennen — fleischig werden: es wird aus dem Zucker, dessen Menge abnimmt, unzweifelhaft nach vorausgegangener Dextrinbildung Cellulose gebildet. (Vgl. S. 236.)

Der soeben erwähnte gummiähnliche Stoff enthält die Elemente des Zuckers; es ist also nur eine isomere Umsetzung in

[1]) *Vogel* in *Erdmann's* und *Marchand's* Journal, Bd. 28, S. 1.

demselben vor sich gegangen. Der Mannit und die Milchsäure sind aus einem anderen Theile des Runkelrübenzuckers gebildet. Man findet indess in beiden die Elemente des Zuckers nicht wieder:

	C	H	O
Milchsäure	6	10	5
Mannit	6	14	6
	12	24	11.

Es fehlt 1 Aeq. Sauerstoff, um Traubenzucker zu bilden. Dieser Sauerstoff kann dem gebildeten Traubenzucker genommen sein durch die in der Wirkung mit begriffene Proteinverbindung des Runkelrübensaftes. Man findet ja in der gegohrenen Flüssigkeit Ammoniak, und das in derselben vorhandene Protein ist also zersetzt. (Liebig.)

Jedenfalls sehen wir, wie Milchsäure, ein Hauptbestandtheil des thierischen Körpers, unter dem Einflusse des sich zersetzenden Proteins aus Zucker gebildet wird, und es ist also im thierischen Körper eine ähnliche Bildung derselben wahrscheinlich. (Vgl. die Fette.)

Ebenso merkwürdig ist die Bildung von Buttersäure aus Zucker unter der Einwirkung von Käsestoff, wie *Pelouze* und *Gélis* gefunden haben. (Vgl. Milch.)

Pflanzenschleim und Pectin.

In vielen Pflanzenarten findet sich eine in Wasser unlösliche Substanz, die sich indess mit dem Wasser mengen lässt, und in sehr verschiedenen Formen auftreten kann. Bald ist sie neutral und gallertartig, und heisst dann *Pectin*, bald einmal neutral und schleimig, und heisst dann *Pflanzenschleim*, dann wieder gallertartig und sauer, und heisst dann *Pectinsäure*. Sie hat stets die Zusammensetzung $C^{12}\ H^{16}\ O^{10}$ [1]), und ist also wesentlich von der Cellulose-Reihe verschieden.

[1]) Pectin aus süssen Aepfeln besteht nach meinen Untersuchungen (Natuur- en Scheik. Archief, Deel V) aus:

Als Pectin findet man dieselbe in Früchten, in Aepfeln, Birnen, Quitten, Kirschen, Pflaumen, Johannisbeeren. Mit Zucker und Wasser gekocht, werden diese Früchte sehr gallertähnlich, das Pectin wird dabei in der Form verändert: es nimmt wahrscheinlich Hydratwasser auf. Man weiss nicht, in welcher Form es in den genannten Pflanzentheilen vorkommt und welche Theile von Organen, es bildet; nur ist es wahrscheinlich, dass das Pectin ebenfalls zur Reihe der sogenannten inkrustirenden Stoffe gehört, d. h. zu den Stoffen, welche die Zellenwandungen

				At.	ber.
C	45,20	45,61	45,85	12	45,47
H	5,35	5,37	5,48	16	4,95
O	49,45	49,02	48,67	10	49,58.

Pectinsäure aus Wurzeln (Daucus carota):

C	45,48	45,47
H	5,39	5,27
O	49,13	49,26.

Aus Rüben:

C	45,41	45,36
H	5,20	4,98
O	49,39	49,66.

Irisches Moos (Sphaerococcus crispus Ag.) gab:

C	45,17
H	4,88
O	49,95.

	Schleim aus Quittenkörnern.		Althaea.	Tragacanth-Gummi.		
C	45,43	45,93	46,00	45,14	44,80	44,78
H	5,12	5,23	4,96	5,35	5,30	5,21
O	49,45	48,84	49,04	49,51	49,90	50,01.

Die genannten Stoffe müssen indess nicht für identisch, sondern für polymer gehalten werden. Sie nehmen auch verschiedene Mengen von Basen auf.

Regnault und *Frémy* haben einige von diesen Substanzen ebenfalls untersucht. Nach *Regnault* ist die Formel der Pectinsäure $C^{24}\,H^{30}\,O^{22}$, nach *Fremy* $C^{24}\,H^{34}\,O^{22}$. (Annalen der Pharmacie, Bd. 35, S. 322.) Ich habe desshalb *Fromberg* gebeten, die Pectinsäure von neuem zu untersuchen. Er bekam aber meine Resultate. (Scheik. Onderz., Deel II.) Die Metapectinsäure ist nach *Frémy* mit Pectin polymer:

Pectin	$C^{24}\,H^{34}\,O^{22} + RO$
Pectinsäure	$C^{24}\,H^{34}\,O^{22} + 2\,RO$
Metapectinsäure . . .	$C^{24}\,H^{34}\,O^{22} + 5\,RO.$

dicker machen. (Vgl. S. 212.) Wenn die genannten Früchte mit Alkalien gekocht werden, so entsteht Pectinsäure; das Alkali verwandelt das Pectin in die mit diesem isomere Pectinsäure. Ebenso erhält man sie aus Rüben, Wurzeln von Daucus carota u. s. w.

Als Pflanzenschleim zeigt sich dieser Stoff auf sehr mannigfaltige Weise, bisweilen in einigen Pflanzentheilen sehr angehäuft, z. B. in den Samenhüllen der Quittenkörner, im Leinsamen u. s. w., aus welchen er durch Einweichen der Samen in kaltem Wasser, indem er aufquillt, herausgepresst wird. Im Tragacanthgummi bildet er den Hauptbestandtheil, ebenso im Bassoringummi; er verunreinigt die reine Gummisubstanz in einigen Gummi-Arten, wie im Pflaumen- und Kirschengummi. Unter welcher Form er sich aber auch zeige, er hat stets dieselbe procentische Zusammensetzung und ist nur verschieden durch die Sättigungscapacität für Basen.

In Saleb und Althaea, in Symphytum u. s. w. kommt eine reichliche Menge Schleim vor. In Ulva crispa zeigt er sich endlich in grosser Menge, und wird durch Auskochen mit Wasser grösstentheils in Gallerte verwandelt.

Dieses Pectin, die Pectinsäure oder der Pflanzenschleim gehört ebenfalls zu den kräftigen Nahrungsmitteln, er muss aber eine andere Umsetzung der Elemente erleiden, als Stärkmehl, Dextrin, Zucker, Inulin, Moosstärke, Cellulose, weil Pectin, Schleim u.s.w. H^2 und O nicht im Wasserbildungsverhältnisse enthalten.

Alle die genannten Stoffe bilden mit Basen gallertartige Salze, die in den Nahrungsmitteln vorkommen, in den Pflanzen oft schon gebildet vorhanden sind, oder beim Kochen gebildet werden.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass die genannten Substanzen für die thierische Nahrung von der höchsten Wichtigkeit sind; auf welche Weise aber, das ist bis jetzt gänzlich in Finsterniss gehüllt. Man weiss nicht, was für eine Umsetzung sie im thierischen Körper erfahren. Für die Kenntniss des Baues und der Verrichtungen der Pflanzen sind sie ebenfalls beachtenswerth,

denn sie kommen fast in allen Pflanzen und bisweilen zu einer bedeutenden Menge vor.

Das Pectin gehört zu den Stoffen, welche die Zellenwandungen verdicken. In den reifenden Früchten wird es in grosser Menge abgesondert; vorher findet es sich nur spärlich. Beim Reifen der Früchte erleidet das Ansehen der Zellenwandungen eine bedeutende Veränderung; so wie sie früher undurchsichtig und fest waren, so werden sie jetzt locker und halb durchscheinend. Nach *Frémy* (Annalen der Pharmacie Bd. 37, S. 339) entsteht das Pectin in den Früchten unter dem Einflusse der Säuren, welche die unreifen Früchte enthalten; denn unreife Früchte mit Wasser gekocht, gaben kein Pectin, wenn sie aber mit Weinsäure, Aepfelsäure oder Schwefelsäure gekocht wurden, zeigte sich in der Flüssigkeit eine reichliche Menge Pectin. Diese Beobachtung ist wichtig. Sie lehrt uns, dass, da der gewöhnliche inkrustirende Stoff (die Holzfaser) diese Eigenschaft, mit Säuren Pectin zu geben, nicht besitzt, in den unreifen Früchten eine andere Substanz vorhanden sein muss, die die Zellenwandungen verdickt. Eine ähnliche Substanz muss also in Wurzeln, Knollen und anderen Pectin gebenden Theilen vorkommen. Diese Pectinbildung in den Früchten ist von einer Zuckerbildung begleitet, und die Säure, welche die unreife Frucht enthielt, verschwindet, oder sie wird neutralisirt. In reifenden Früchten nimmt ja mit dem Pectin auch die Menge des Zuckers zu.

In einer festen Form findet man also das Pectin in Früchten und anderen Pflanzentheilen als eine auf und in die Zellenwandungen abgelagerte Substanz. Wenn man diese Früchte mit einem Alkali auskocht, so löst man Pectin auf und behält die von diesem befreiten Zellenwandungen zurück. Zugleich aber verwandelt man das Pectin in Pectinsäure, in einen sehr gallertähnlichen Stoff, der sich gern mit Basen zu Gallerten verbindet. Durch langes Kochen mit Alkalien verschwindet die Gallerte, und man erhält eine in Wasser, ja sogar in Säuren lösliche Säure, welche von *Frémy* *Metapectinsäure* genannt wurde. An Basen gebunden, gab sie ihm dieselbe Zusammensetzung wie die Pectinsäure.

Der Pectin bildende Stoff bildet Pflanzenschleim in einer in Wasser löslichen Form. Der Pflanzenschleim giebt ja, von allen Beimengungen gereinigt, bei der Elementaranalyse nur die Zusammensetzung des Pectins oder der Pectinsäure. Im aufgelösten Zustande strömt also wahrscheinlich eine mit Pectin in der Zusammensetzung übereinstimmende Substanz durch die Pflanze, und diese kann wahrscheinlich durch eine polymere Umsetzung hier und da fixirt werden. Es ist wahrscheinlich die dem Pectin, der Pectinsäure und dem Pflanzenschleim zu Grunde liegende Elementarsubstanz, so wie das Dextrin wahrscheinlich dem Gummi zu Grunde liegt.

Wenn der Pflanzenschleim, wie das Gummi, in eigenen Räumen, und zwar in den Intercellulargängen angehäuft wird, tritt er oft durch kleine Oeffnungen der Rinde aus, und drückt sich durch dieselben in gewundenen, festen Körperchen durch, wie dies beim Tragacanthschleim der Fall ist.

Dass Pflanzenschleim keine Metapectinsäure ist, lehrt die indifferente Natur des ersteren und die sehr saure Reaction der letzteren. Es ist deshalb vielleicht zu bezweifeln, ob die Metapectinsäure wohl im Pflanzenreich vorkommt. Vom Pectin ist dies erwiesen. Pflanzenschleim verhält sich zu Pectin, wie sich Gummi zu Dextrin verhält. Der Pflanzenschleim ist für die Pflanzen eine indifferente Substanz, ein Ausscheidungsprodukt, während das Pectin zu den wesentlichen Pflanzenbestandtheilen gehört.

Thierischer Schleim. Mit dem Pflanzenschleim hat man oft das Produkt der Schleimhäute des thierischen Körpers verglichen. Wenn dies aber auch in einigen Punkten mit demselben übereinstimmt, so ist es doch in der Natur und in der Zusammensetzung gänzlich von demselben verschieden. Ebenso wie der Pflanzenschleim lässt es sich im Wasser wohl vertheilen, aber nicht auflösen, so dass es nicht durch ein Filtrum durchfliesst, sondern auf demselben zurückgehalten wird. Getrocknet quillt es auf wie Tragacanthgummi oder Saleb, und dehnt sich zu einem grossen Volumen aus, wenn es vom Wasser durchdrungen wird.

Im natürlichen Zustande ist der thierische Schleim also ebenso wie der Pflanzenschleim von den Salzen durchdrungen, die in den thierischen oder pflanzlichen Flüssigkeiten vorkommen.

Durch ihre Nichtlöslichkeit können sie beide entblösste thierische Theile einhüllen, und so können beide, der Pflanzenschleim sowohl wie der thierische mildern, und den Einfluss scharfer Stoffe auf die weichen Theile des thierischen Körpers schwächen. Darum können Saleb, Tragacanthschleim u. s. w. den fehlenden thierischen Schleim ersetzen.

Allein mehr als solche allgemeine Uebereinstimmungspunkte giebt es zwischen dem thierischen und Pflanzenschleim nicht. Der thierische Schleim enthält Stickstoff, und ist dadurch gänzlich vom Pflanzenschleim verschieden. Er ist in der Zusammensetzung und in den Eigenschaften verschieden je nach den Organen, die ihn erzeugt haben [1]), so dass z. B. der Schleim der

[1]) Wir haben bis jetzt nur von drei thierischen Schleimarten eine Analyse: von dem des Eileiters der Frösche, den man *Sternschnuppensubstanz* genannt hat. (Scheik. Onderz., Deel I.)

C	50,53	51,03
H	6,53	6,77
N	9,27	9,58
O	33,67	32,62.

Andererseits kennen wir die Zusammensetzung des Schleims der Speiseröhre der Schwalben, die in Indien hieraus essbare Nester verfertigen. (Bulletin 1838, p. 172.) Der reine Schleimstoff, den ich *Neossin* genannt habe, besteht aus:

	I.	II.	At.	ber.
C	54,81	55,05	22	55,17
H	7,02	7,10	34	6,96
N	11,64	11,66	4	11,62
O	26,53	26,19	8	26,25.

Ausserdem haben wir eine Analyse des Schleims der Gallenblase der Ochsen von *Kemp*. (Annalen der Pharmacie, Bd. 43, S. 118.)

C	52,54	52,25
H	7,95	7,83
N	14,33	14,84
O	25,18	25,08.

Hieraus geht hervor, dass der Schleim entweder ein veränderliches Gemenge heterogener Substanzen ist, oder dass unter dem Namen des thierischen Schleims verschiedene Substanzen vorkommen.

Gallenblase aus Alkalien durch Säuren gefällt werden kann, der Schleim der Harnblase aber mehr oder weniger in Säuren löslich ist. Der Schleim der ersten Wege ist in Alkalien löslich, und kann durch Säuren gefällt werden.

Ich sage nur im Vorübergeben ein Wort vom thierischen Schleim, weil der gleichlautende Name und die Uebereinstimmung in einigen wenigen untergeordneteren Eigenschaften mit dem Pflanzenschleim zu einer Verwechselung dieser ganz heterogenen Substanzen Veranlassung gegeben hat. (Vgl. Epithelium.)

Extractivstoffe.

Wenn wir den Namen *Extractivstoff* hinschreiben, dann müssen wir uns beklagen über die Lücken, die in der Wissenschaft noch auszufüllen sind. Dieser Name umfasst die verschiedensten Substanzen und die Klasse der Extractivstoffe darf also in der That mit der alten Sippschaft des Schörls der Mineralien in eine Reihe gestellt wurden. Derjenige, welcher die organische Natur nach einzelnen Principien sollte construiren wollen, kann an der Klasse der Extractivstoffe sehen, wie weit wir jetzt noch entfernt sind von der Kenntniss dessen, was in der organischen Natur vorgeht.

Bis vor wenigen Jahren wurden die amorphen Körper des organischen Reichs von Vielen verachtet und kaum der Untersuchung werth gehalten. So verhält es sich noch mit den Extractivstoffen. Nur unbefangene Männer, wie *Berzelius*, schreiben denselben, wenn sie auch keine Kristallform besitzen, eine grosse Bedeutung für die organische Welt zu. Die Untersuchung dieser Stoffe ist unendlich viel schwerer, als die von kristallisirbaren, aber deshalb dürfen sie nicht für weniger wichtig gehalten werden.

Ein allgemeiner Begriff der Extractivstoffe stammt daher, dass man unter den Heilmitteln mit dem Namen der Extracte eine in Wasser und Weingeist lösliche Substanz bezeichnet hat, die aus den Pflanzen durch Kochen erhalten, beim Ab-

dampfen braun gefärbt, eine zusammenhängende, dunkel gefärbte Masse zurückliess. *Scheele* hat diesen Stoff *Seifenstoff* genannt. Er kommt in den Pflanzen farblos vor, wird aber, wenn er der Wärme und der Luft ausgesetzt wird, braun, und in Extractabsatz, Apothema, verwandelt.

So lange dieser Extractivstoff oder die Extractivstoffe der Pflanzen nicht genau bekannt sind, lässt sich über die Metamorphosen der pflanzlichen Stoffe nichts Bestimmtes aussagen. Man findet dieselben fast von derselben Beschaffenheit in krautartigen und in nicht krautartigen Pflanzen. Vielleicht ist es immer derselbe Stoff, und nur durch Beimengungen, unter welchen Dextrin, Zucker, Inulin, u. s. w. vorkommen, verschieden. Wir kennen aber weder die Natur, noch die Zusammensetzung desselben, und wir bewegen uns deshalb, weil derselbe ein allgemeiner, in den Pflanzensäften niemals fehlender Stoff ist, in vieler Hinsicht ganz im Finsteren [1]).

Nicht glücklicher ist unsere Kenntniss der thierischen Extractivstoffe, denen man wegen ihrer braunen Farbe und Löslichkeit in Wasser und Alkohol denselben Namen gegeben hat; es kann dieser Name indess zu nichts dienen, als um dieselben noch länger unbekannt zu halten. Durch grenzenlosen Fleiss und grenzenlose Mühe ist es *Berzelius* gelungen, sehr viele thierische Substanzen, die als Extractivstoffe bekannt waren, zu trennen. Jetzt, nachdem er den Weg einmal gezeigt hat, ist Hoffnung da, dass man einstens eine brauchbare Kenntniss derselben erlangen wird. Wir müssen uns für jetzt damit begnügen, einzugestehen, dass wir von diesen unzweifelhaft höchst wichtigen Stoffen des thierischen Organismus uns keine deutliche Vorstellung machen können. Ich nenne also auch nur den Namen einer grossen Klasse von Körpern, zu der vielleicht Hunderte von verschiedenen Stoffen

[1]) Was *Hermann* neulich angegeben hat (*Erdmann's* und *Marchand's* Journal, Bd. 28, S. 53), dass die Extracte vorzugsweise aus Humussäure, Quellsäure, Quellsatzsäure u. s. w., mit einem Worte aus den Hauptbestandtheilen der Ackererde bestehen, ist zu sonderbar, um dabei stehen zu bleiben.

gehören, um unsere Unwissenheit nicht mit Stillschweigen zu bedecken. Von der Zusammensetzung oder von den Metamorphosen dieser Stoffe ist nichts bekannt, und wir übergehen dieselben also hier.

Fette.

Gemeinschaftlich in Pflanzen und Thieren findet sich eine eigene Reihe von Körpern, die wir Fette nennen. Sie sind im thierischen Körper zu entgegengesetzten Zwecken bestimmt als in den Pflanzen; denn sie werden von den Thieren verbraucht, und von den Pflanzen im Gegentheil bereitet. Ihre Bildung in den Pflanzen setzt also eine entgegengesetzte Wirkung voraus als die, bei welcher sie von den Thieren verarbeitet und in andere Stoffe umgesetzt werden.

Die meisten dieser Fette betrachtete man früher als Salze von Fettsäuren und Glycerin, so dass in den Pflanzen, wenn ein neutrales Fett gebildet wird, eine Fettsäure und Glycerin bereitet werden müssten, und umgekehrt, wenn in den Thieren ein neutrales Fett verarbeitet wird, eine Fettsäure und Glycerin zum Stoffwechsel verwandt werden könnten.

Diese neutralen Fette sind meistens Verbindungen aus zwei verschiedenen. In den Pflanzen findet man ein Gemenge von Margarin und Elain in den fetten Oelen, im Olivenöl u. s. w.; in den Thieren dasselbe Gemenge, aber in einem anderen Verhältnisse, im Menschen-, Schweinefett u. s. w., während im Fett der Schaafe und anderer Thiere eine reichliche Menge Stearin mit Margarin verbunden vorkommt.

Stearin, Margarin und Elain sind die im organischen Reich am meisten verbreiteten Fettarten, nur stehen sie nicht isolirt da; im Gegentheil giebt es eine Menge anderer, ebenfalls neutraler Fettstoffe, die sich in bestimmten Pflanzentheilen oder Organen des thierischen Körpers finden.

Wir wollen die Zusammensetzung derselben kurz durchgehen, so wie man dieselben jetzt annimmt; vorher aber ein Wort vom Glycerin. Das Glycerin ist eine in Wasser leicht lös-

liche, Substanz die sich wie ein Syrup verhält und süss schmeckt. Es wird erhalten, wenn man eins der genannten neutralen Fette mit einer starken Basis zu Seife verbindet. Es wird dann eine Fettsäure mit der Basis verbunden und Glycerin frei. Man hat lange Zeit hindurch dem Glycerin die Zusammensetzung

$$C^6 H^{16} O^6$$

zugeschrieben, bis *Stenhouse* für dasselbe die Formel

$$C^3 H^4 + O$$

gefunden hat, eine Formel, welche aus der Analyse einiger nicht allgemein im Pflanzenreich verbreiteten neutralen Fette abgeleitet ist. Neulich hat *Redtenbacher* das Glycerin wieder untersucht und für dasselbe

$$C^6 H^8 O^2 + 4 H^2 O$$

gefunden, welche Formel ganz mit der von *Stenhouse* übereinstimmt und sich auch an die frühere von *Pelouze* anschliesst. Das Glycerin betrachtet er wie eine Art von Alkohol, der sich bei der Verseifung bildet. Der Stoff $C^6 H^8 O^2$, den *Redtenbacher* Acrolein nannte, stimmt mit Aldehyd in so weit überein, dass durch die Oxydation eine Acrylsäure $C^6 H^6 O^3$ aus demselben gebildet werden kann, welche letztere Säure mit der Essigsäure grosse Aehnlichkeit hat. Ebenso wie das Aldehyd verwandelt sich das Acrolein sehr leicht in eine neutrale kristallisirbare Substanz. *Berzelius* glaubt, dass das Glycerin nicht in den neutralen Fetten vorhanden sei, sondern bei der Verseifung gebildet werde, während er die Basis der neutralen Fette als ein Oxyd eines Radikals Lipyl $C^3 H^4$, also als Lipyloxyd $C^3 H^4 O$ betrachtet. Glycerin besteht also aus zwei Atomen dieses Oxyds und 3 At. Wasser:

$$2 \times C^3 H^4 O + (3 H^2 O) = C^6 H^{14} O^5$$ [1].

Alle glycerinhaltige neutrale Fette enthalten also als Basis $C^3 H^4 O$, und bei der Bereitung neutraler Fette in den Pflanzen muss also mit den Fettsäuren diese Basis gebildet, bei dem Ver-

[1]) *Redtenbacher* in Ann. der Chemie und Pharm. Aug. 1843. Brief von *Berzelius*, 2. Juni 1843.

brauch der neutralen Fette in den Thieren muss diese Basis verbraucht werden.

Diese Fettsäuren sind die folgenden;

Stearinsäure . $C^{68} H^{136} O^5 + H^2 O$

Margarinsäure $C^{34} H^{68} O^3 + H^2 O$

Elainsäure . . $C^{44} H^{80} O^4 + H^2 O$ [1]).

Sie sind allgemein in Pflanzen und Thieren verbreitet; sie bilden, in Verbindung mit $C^3 H^4 \dot{O}$, Stearin, Margarin, Elain, oder die neutralen Fette, die meistens als solche in den Pflanzen oder Thieren vorkommen, wenn auch durch starke Basen im organischen Reich zuweilen $C^3 H^4 O$ abgeschieden wird, so dass fettsaures Natron u. s. w. in demselben gebildet werden.

Ausser diesen Fettsäuren hat man schon kennen gelernt:

1) *Redtenbacher* und *Varrentrapp*, die diese Säuren zuletzt analysirt haben, gaben folgende Formeln für dieselben an:

Stearinsäure $C^{68} H^{132} O^5 + H^2 O$

Margarinsäure . . . $C^{34} H^{66} O^3 + H^2 O$

Elainsäure $C^{44} H^{78} O^4 + H^2 O$.

Berzelius hat aber bemerkt, dass die im Text angegebenen Formeln besser mit den Analysen übereinstimmen.

Stearinsäure. Redtenbacher.

	gef.	At.	ber.
C	76,53	68	76,76
H	12,93	138	12,90
O	10,52	6	10,34.

Margarinsäure. Redtenbacher.

	gef.	At.	ber.
C	75,64	34	75,64
H	12,86	70	12,71
O	11,50	4	11,65.

Elainsäure. Varrentrapp.

	gef.	At.	ber.
C	76,73	44	76,89
H	11,89	82	11,69
O	11,38	5	11,42.

Jahresbericht, 21. Jahrgang, S. 286.

Cocinsäure $C^{27} H^{54} O^{3} + H^{2}O$,
aus Cocusbutter durch Verseifung [1]).

Myristinsäure $C^{28} H^{56} O^{3} + H^{2}O$,
durch Verseifung aus Muskatbutter, deren grössten Theil sie ausmacht, in der sie aber mit noch zwei anderen fetten Körpern verbunden vorkommt. [1])

Palmitinsäure $C^{32} H^{64} O^{3} + H^{2}O$,
aus Palmöl durch Verseifung. [3])

Laurostearinsäure, aus Lorbeeröl durch Verseifung
$C^{24} H^{46} O^{3}$ [4]).

Wir wollen zuerst bei diesen Fettsäuren stehen bleiben die alle im Pflanzenreich vorkommen.

Wenn Baumöl von den Menschen genossen wird, so kann dies unverändert in Menschenfett übergehen; beide bestehen

[1]) Cocinsäure. *Bromeis.*

	gef.	At.	ber.
C	72,39	27	73,36
H	12,37	56	12,42
O	14,24	4	14,22.

Berzelius ibid. S. 311, *Bromeis* berechnet $C^{27} H^{54} O^{4}$.

[2]) Myristinsäure. *Playfair*, Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 38, S. 152.

	gef.	At.	ber.
C	74,06	28	73,75
H	12,29	58	12,54
O	13,65	4	13,71.

Playfair berechnet $C^{28} H^{54} O^{3} + H^{2}O$.

[3]) Palmitinsäure. *Stenhouse.*

	gef.	At.	ber.
C	75,48	32	75,08
H	12,41	66	12,64
O	12,11	4	12,28.

Stenhouse berechnet $C^{32} H^{62} O^{3} + H^{2} O$.

[4]) *Marsson*, Annalen der Ch. und Pharm. Bd., 41., S. 334.

		ber.
C	24	75,61
H	46	11,92
O	3	12,47.

ja aus Margarin und Elain, obgleich in verschiedenen Verhältnissen. Da sich nun Margarin und Elain in einer grossen Menge vegetabilischer Nahrungssubstanzen finden, so ist nichts natürlicher, als einen Uebergang von diesen Stoffen der vegetabilischen Nahrung in Fettstoffe des thierischen Körpers anzunehmen.

Wenn solche Nahrung, in welcher Margarin und Elain vorkommen, von einem Schaafe genossen wird, so muss mit derselben eine chemische Veränderung vorgehen, da im Fett der Schaafe eine reichliche Menge Stearin gefunden wird. Beim Margarin ist dies einfach: wenn wir das Glycerin nicht berücksichtigen, so geschieht es auf folgende Weise:

2 Aeq. Margarinsäure	$C^{68} H^{136} O^{6}$
1 „ Stearinsäure .	$C^{68} H^{136} O^{5}$
	0

Aus 2 Aeq. Margarinsäure entsteht also, wenn 1 Aeq. Sauerstoff entweicht, 1 Aeq. Stearinsäure. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, dass eine solche Desoxydation der Margarinsäure in der Nahrung des Schaafs wirklich stattfinde, und dass umgekehrt, wenn das Fett der Schaafe von Menschen genossen wird, aus der Stearinsäure Margarinsäure unter Absorbtion von Sauerstoff wird.

Wenn indess Stearin in Margarin verwandelt wird, so fehlt, wenn auch die Fettsäuren leicht in einander übergehen können, das Lipyloxyd. Die Hälfte des Stearins verliert ihr Lipyloxyd, wenn sie durch ½ Aeq. Sauerstoff in Margarin übergeht, die andere Hälfte verwandelt sich in Stearinsäure. Wenn die Menschen also das Fett der Schaafe geniessen, so muss entweder Lipyloxyd bereitet werden können, oder Glycerin vorhanden sein, das unter bestimmten Verhältnissen mit Stearinsäure und ½ Aeq. Sauerstoff zu Margarin verbunden wird, oder — und dies ist das Wahrscheinlichste — die Hälfte der Stearinsäure muss in thierischen Körpern zu anderen Zwecken verwandt werden.

Das ganze Genus Capra, die Kühe, Pferde, auch die Schweine und Gänse enthalten in grösserer oder geringerer Menge

Stearin mit Margarin und Elain vermengt; Menschenfett ist frei von Stearin. Bei dem Uebergang von Margarin und Elain, den allgemein im Pflanzenreich verbreiteten Fettarten, in das Fett einer dieser genannten Thierarten, oder bei dem Uebergang des Fettes des einen Thiers in das des anderen, muss diese Verwandlung nach dem, was so eben vom Margarin und Stearin gesagt wurde, vor sich gehen.

Die Elainsäure ist ein anomaler Fettstoff. Die bisher genannten sind alle Oxyde von CH^2; das Elain macht hiervon eine Ausnahme. Man kann dasselbe als einen Kohlenwasserstoff betrachten, in welchem H^8 durch O^4 vertreten wird:.

$$C^{44}H^{88} + O^4 - H^8 = C^{44}H^{80}O^4$$

Aber wahrscheinlich ist es ein zusammengesetzter Körper. Durch salpetrichte Säure in Elaidinsäure verwandelt, entsteht zugleich eine zweite Fettsäure, von einer dunkelrothen Farbe [1]), und wenn Elainsäure mit Kali im Ueberschuss geschmolzen wird, so wird eine eigne Säure $C^{32}H^{60}O^3$ gebildet, und von den $C^{12}H^{18} + H^2O$, welche übrig bleiben, entstehen 3 Aeq. Essigsäure, unter Absorbtion von Sauerstoff aus der Atmosphäre

$$\begin{array}{l} C^{44}H^{80}O^4 \\ C^{32}H^{60}O^3 \\ \hline C^{12}H^{20}O \end{array}$$ [2]).

Man hat also allen Grund, zu glauben, dass die Elainsäure wenigstens aus zwei Stoffen zusammengesetzt ist.

Wenn das Elain als vegetabilische oder thierische Nahrung von Margarin- und Elain-haltigen Thieren genossen wird, so wird es entweder in Margarin verwandelt oder nicht. Es sind keine Versuche bekannt, die darüber etwas entscheiden.

Wenn wir von der Elainsäure ausgehen, und das Lipyloxyd unberücksichtigt lassen, so werden bei der Umsetzung von Elainsäure in Margarinsäure keineswegs alle Elemente verbraucht:

[1]) *Meyer*, in Ann. der Ch. und Pharmacie, Bd. 35, S. 174.

[2]) *Varrentrapp*, ibid., S. 210.

$$
\begin{array}{ll}
\text{Elainsäure} & C^{44} H^{80} O^{4} \\
\text{Margarinsäure} & C^{34} H^{68} O^{3} \\
\hline
 & C^{10} H^{12} O^{1}.
\end{array}
$$

Es werden also bei einer Umsetzung von Elain in Margarin $C^{10} H^{12} O^{1}$ frei. Es giebt nun eine mit Benzoesäure in vielen Eigenschaften übereinstimmende Substanz, die Fettsäure, welche nur durch 2 $H^{2}O$ von der letztgenannten Formel abweicht, nämlich $C^{10} H^{16} O^{3}$: eine Säure, welche nicht aus Stearin-oder Margarinsäure, sondern aus Elainsäure durch Sublimation gebildet wird, von der aber noch keine Spur im thierischen Körper gefunden worden ist. Wo also diese Elemente $C^{10} H^{12} O^{1}$ verbraucht werden, liegt ebenfalls noch im Dunkeln.

Dass Stearin im thierischen Körper nicht nur zu Margarin, sondern auch zu Elain umgesetzt werden sollte, ist nicht wahrscheinlich.

Wenn vegetabilisches oder thierisches Fett durch die Nahrungsstoffe in den Körper eines Thiers geführt wird, so entsteht die Frage, ob der neutrale Fettstoff verändert oder unverändert aufgenommen und in das Zellgewebe abgelagert wird. Wenn z. B. Margarin und Elain vom Menschen genossen werden, so entsteht die Frage: Werden diese neutralen Fette unverändert vom Körper aufgenommen, oder werden sie verseift, als Fettsäuren fortbewegt, und durch im Körper vorhandenes Lipyloxyd wieder zu neutralen Fetten umgebildet werden? Wenn letzteres unmöglich ist, ist es zugleich unmöglich, dass aus in den Speisen vorkommenden Fettsäuren jemals neutrale Fette gebildet werden. Man kann mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass neutrale Fette nicht unverändert, sondern verseift in das Blut gelangen. Die alkalische Reaction der in das Duodenum ergossenen Galle, und die meistens alkalische Reaction des Chylus machen es unmöglich, dass das Fett unverseift in das Blut gelange. Wenn es verseift wird, so ist zugleich die Gegenwart von fettsauren Natronsalzen im Blut und in vielen Theilen des Körpers erklärt. Es muss dann Lipyloxyd ausgeschieden und mit Wasser zu Glycerin verbunden werden. Ist nun

einmal eine Natronseife, z. B. margarinsaures und elainsaures Natron, im Blut der Menschen, so kann aus demselben im Zellgewebe kein Margarin oder Elain gebildet werden, ohne dass Glycerin hinzutritt, und es fragt sich, ob dieses im Körper, als Lipyloxyd und H^2 O verbunden, wohl wieder mit Fettsäuren zu neutralen Fetten verbunden werden kann.

Diese Frage kann sicher mit Nein beantwortet werden; Glycerin wird sich mit Fettsäuren nicht zu neutralen Fetten verbinden. Es giebt aber im Körper eine reichliche Quelle eines Oxyds desselben Radikals, das im Glycerin vorkommt, nämlich des Lipyls. In statu nascenti kann dieses Lipyloxyd sich unzweifelhaft mit Fettsäuren zu neutralen Fetten verbinden, die ins Zellgewebe abgelagert werden können, und so kann aus dem im Blut vorhandenen margarinsauren oder elainsauren Natron Margarin und Elain entstehen.

Wir haben nämlich (S. 254) gesehen, dass in Glycerin das erste Oxyd eines Radikals C^3 H^4, des Lipyls, vorkommt. Die Milchsäure enthält das zweite Oxyd dieses Radikals. Sublimirt man die Milchsäure, so erhält man ein weisses Sublimat:

C^3 H^4 O^2 Sublimat

C^3 H^4 O Lipyloxyd.

Dieses Sublimat verwandelt sich, mit Wasser in Berührung, in Milchsäure, indem 2 Aeq. des genannten Sublimats H^2 O aufnehmen. Die Milchsäure ist nämlich zusammengesetzt aus:

$$C^6 H^{10} O^5.$$

Dass nun im Körper häufig Milchsäure gebildet wird, ist bekannt. Besonders aber hat es *Lehmann* in Versuchen, die wir am Ende dieses Artikels von den Fetten erwähnen werden, sehr schön dargethan. Unter desoxydirenden Einflüssen kann, während sonst aus gewissen Stoffen Milchsäure entstehen würde, Lipyloxyd gebildet werden, und so können aus Fettsäuren und diesem Lipyloxyd in statu nascenti neutrale Fette gebildet werden. Wir halten es aus diesem Grunde für wahrscheinlich, dass neutrale Fette, z. B. Baumöl, nicht unverändert in das Zellgewebe des Menschen abgelagert werden können, sondern erst verseift,

nnd dass das margarinsaure und elainsaure Natron aus dem Blut unter dem Einflusse der Milchsäure wieder in neutrale Fette umgesetzt werden.

Hinsichtlich der anderen Pflanzenfette, die wir oben erwähnten, und der vielen, welche wir noch nicht kennen, lässt sich gar nichts angeben über die Art und Weise, wie sie sich im thierischen Körper verhalten. Von der Cacaobutter ist es bekannt, dass sie den Menschen Fett gebe; sie enthält Stearin. Hierauf lässt sich also das anwenden, was wir früher von der Metamorphose desselben in Margarin mitgetheilt haben. Cocusfett, Palmöl, Muskatnussbutter, deren Säuren (S. 256) angeführt sind, lassen sich nicht so leicht verwandeln. Das verdient indess bemerkt zu werden, dass auch diese, ebenso wie die Stearin- und Margarinsäure, Oxyde von CH^2 sind, was *Dumas* veranlasst hat, nachstehenden Vergleich zu machen zwischen den folgenden bekannten Fettsäuren von Pflanzen und Thieren. Ich gebe diesen Vergleich, so wie *Dumas* ihn gegeben hat, von den Hydraten der Fettsäuren. Die Zusammensetzung einiger derselben ist nach seinen Ideen modificirt; ich werde diese näher bezeichnen.

Er geht von der Magarinsäure aus, zieht jedes Mal $C^2 H^4$ ab, und findet dann folgende Reihe von 17 Stoffen, von welchen 9 bekannt sind [1]:

$C^{34} H^{68} O^4$ Margarinsäure.
$C^{32} H^{64} O^4$ Aethalsäure.
$C^{30} H^{60} O^4$
$C^{28} H^{56} O^4$ Myristicinsäure.
$C^{26} H^{52} O^4$ Cocinsäure (?).
$C^{24} H^{48} O^4$ Laurinsäure.
$C^{22} H^{44} O^4$
$C^{20} H^{40} O^4$
$C^{18} H^{36} O^4$ Caprinsäure (?) [2].

[1]) Comptes rendus, Tom. 15, p. 935 (1842).

[2]) Es ist so eben in den Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. XLIX. S. 212—231 eine interessante Abhandlung über die Fettsäuren der Butter

$C^{16} H^{32} O^4$
$C^{14} H^{28} O^4$ Oenanthylsäure.
$C^{12} H^{24} O^4$ Capronsäure.
$C^{10} H^{20} O^4$ Valeriansäure.
$C^8 H^{16} O^4$ Buttersäure.
$C^6 H^{12} O^4$
$C^4 H^8 O^4$ Essigsäure.
$C^2 H^4 O^4$ Ameisensäure.

Je weiter man in dieser Reihe herabsteigt, desto leichter werden die Säuren schmelzbar. In allen ist $C H^2$, oder ein mit dem ölbildenden Gase polymerer Kohlenwasserstoff enthalten, was schon *Chevreul* vermuthete.

In sehr vielen Pflanzen, vorzugsweise in einigen Fruchtdeckungen, kommt ein Fettstoff vor, der von einer Thierart bereitet werden kann, nämlich das Wachs. Dass es in den Pflanzen gefunden wird, ist schon lange bekannt gewesen; weniger lange, dass es von den Bienen aus Honig, der gar kein Wachs enthält, bereitet werden kann.

Man findet verschiedene Wachsarten äusserlich auf vielen Pflanzentheilen. Der blaue Reif der Trauben und Pflanzen besteht aus Wachs; aus Aepfelschaalen bereitet man es in grosser Menge; es ist ein Bestandtheil des Gemenges, das man Chlorophyll zu nennen pflegt. Stroh enthält eine krystallinische Wachsart, und *Avequin* hat ein krystallinisches Wachs beschrieben, das sich von der Oberfläche des Zuckerrohrs in reichlicher Menge sammeln lässt.

erschienen, welche *Lerch* auf *Redtenbacher's* Veranlassung analysirt hat. Nach seinen Analysen hat die Caprinsäure die Formel $C^{20} H^{40} O^4$, und sie müsste sonach eine Stelle hinaufgerückt werden. Ausser der Buttersäure, — für welche *Lerch*, ohne die Arbeiten von *Pelouze* und *Gelis* zu kennen, ebenfalls die Formel $C^8 H^{16} O^4$ fand, — der Caprinsäure und Capronsäure, fand er für eine vierte in der Butter enthaltene Säure, die *Caprylsäure*, die Formel $C^{16} H^{32} O^4$, so dass diese also in der *Dumas*'schen Reihe unmittelbar über der Oenanthylsäure stehen müsste. In Butter von 1842 fand *Lerch* keine Buttersäure und keine Caprinsäure, sondern, wie er behauptet, eine neue Säure, die Vaccinsäure = $C^{20} H^{18} O^5$. Anm. des Uebers.

Viele dieser Stoffe sind Oxyde von Kohlenwasserstoff.

Van der Vliet fand für

Myricin . . $C^{20} H^{40} O$

Cerin . . . $C^{10} H^{20} O$ [1]).

Letzteres ist in kochendem Weingeist löslich, ersteres unlöslich; beide sind Bestandtheile des gewöhnlichen Wachses.

Avequin fand für die Wachsart aus Zuckerrohr, Cerosia:

$$C^{48} H^{100} O^2 = 48\ (CH^2) + 2\ H^2O$$ [2]).

Von dieser Wachsart hat *Avequin* eine interessante Eigenschaft verzeichnet, nämlich dass die Arten des Zuckerrohrs, die viel Zucker enthalten, sie in geringer Menge besitzen, und umgekehrt, dass die, welche viel Wachs liefern, nicht sehr zuckerhaltig sind. Hieraus folgt, dass entweder das Wachs in der Pflanze zur Zuckerbildung verbraucht wird, oder der Zucker zur Wachsbildung. Es hat sich auf eine vortreffliche Weise gezeigt, dass letzteres wahr ist, auf eine Weise, dass hieraus zugleich eine allgemeine Regel des chemischen Stoffwechsels im organischen Reich hervorleuchtet, gleichgültig ob dieser in Pflanzen oder in Thieren vor sich geht.

Dass die Bienen Wachs, das in den Pflanzen als solches enthalten ist, einfach sammeln, liegt in der Natur der Sache. Das Wachs ist ja in den Pflanzen zugegen.

1) Bulletin 1838, p. 134.

Myricin.

	gef.	At.	ber.
C	80,60	20	81,38
H	13,11	40	13,28
O	6,29	1	5,34.

Cerin.

	gef.	At.	ber.
C	77,89	10	77,27
H	12,97	20	12,62
O	9,14	1	10,11.

2) Annales de Ch. et de Phys. Octobre 1840, p. 218.

	gef.	At.	ber.
C	81,4	48	81,4
H	14,2	100	14,1
G	4,4	2	4,5.

Aus Myrica cerifera kann es in grosser Menge gewonnen werden. In allen Blumen, welche die Bienen besuchen, kommt es mit Honig vermischt vor. Auf diese Weise konnte man also nicht erforschen, ob Traubenzucker und Wachs, oder ersterer allein aus den Pflanzen gewonnen, und daraus letzteres durch die Bienen bereitet werden könnte. *Gundlach* aber [1]) hat bestimmt bewiesen, dass Wachs aus Zucker durch die Bienen bereitet werden kann. Er nährte Bienen mit einer Auflösung von Kandiszucker in Wasser, und sah dieselben Wachs bilden. Weiter hat er beobachtet, dass die Bienen, um 1 Pfund Wachs zu bilden, 20 Pfund Honig brauchen [2]). Zuckerrohr und Bienen können also beide aus Zucker Wachs, d. h. einen Fettstoff bereiten. (Vgl. weiter über das Wachs beim Chlorophyll.)

So wie es Pflanzen giebt, die eigene Fettstoffe enthalten, so giebt es auch Thiere, bei denen dies der Fall ist; in bestimmten Organen findet man sogar manchmal ganz eigenthümliche Fette; wir wollen die, welche wir kennen, in der Kürze anführen.

In der Butter kommen ausser der Margarin- und Elainsäure, mit Lipyloxyd grösstentheils verbunden, vor:

die Caprinsäure:

$$C^{18}H^{29}O^{3}$$ [3]);

Capronsäure:

$$C^{12}H^{19}O^{3}$$ [4]);

[1]) Naturgeschichte der Bienen. Cassel, 1842.

[2]) Diese Berechnung kann deshalb nicht ganz genau richtig sein, weil immer etwas Wachs im Honig gefunden wird, wenn dieser nicht besonders davon gereinigt wird.

[3]) Chevreul.

	At.	ber.
C	18	74,10
H	29	9,74
O	3	16,16.

[4]) Chevreul.

	At.	ber.
C	12	68,67
H	19	8,87
O	3	22,46.

Buttersäure:

$$C^8 H^{14} O^4$$ [1];

und Butterölsäure:

$$C^{34} H^{60} O^4 + H^2 O.$$

Nach *Berzelius* kommt die Buttersäure frei im Harn vor, nach *Gmelin* im Magensaft und in der Hautausdünstung.

Zu den Fettstoffen, die aller Wahrscheinlichkeit nach im thierischen Körper selbst bereitet werden, gehören die folgenden:

Cetin, im Physeter macrocephalus, und zwar an einer bestimmten Stelle der Hirnhöhle:

$$C^{236} H^{464} O^{14}.$$

In diesem Cetin kommt Margarinsäure, Elainsäure und Aethal vor:

$$C^{96} H^{198} O^3 = 3 (C^{32} H^{66} O) = 3 \times 32 (CH^2) + H^2 O + O^2.$$

Phocenin im Fett von Delphinus phocena:

$$C^{26} H^{48} O^{12}.$$

Cholesterin in der Galle und in den Gallensteinen, im Blut,

[1]) Buttersäure, *de Jong*, Scheik. Onderz. Deel I, p. 429.

	gef.	At.	ber.
C	36,00	8	29,75
H	4,38	14	4,25
O	18,04	4	19,46
BaO	46,58	1	46,54.

Vgl. auch *Bromeis* in den Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 42, S. 60.

Die Butterölsäure, von *Bromeis* aus Butter geschieden, ist

	At.	gef.	ber.
C	34	74,41	74,55
H	62	11,96	11,10
O	5	13,63	14,35.

Sie kommt in der Zusammensetzung der Magarinsäure sehr nahe.

$$C^{34} H^{70} O^4.$$

Die Butterölsäure scheint also durch Oxydation aus Margarinsäure zu entstehen, und zur Entstehung dieser durch Desoxydation Veranlassung zu geben. Wenn also die Magarinsäure des Fettes der Kuh in diese Butterölsäure übergeht, so sind 5 Aeq. Sauerstoff nöthig; umgekehrt werden 5 Aeq. Sauerstoff ausgeschieden, wenn die Butterölsäure der von dem Menschen als Nahrung verbrauchten Butter in Margarinsäure verwandelt wird. Die grösste Menge des Butterfettes ist aber Margarin, und mit einer kleinen Menge Butterelain verbunden.

in den Hirnfetten, im Markschwamm, in den Produkten kranker Eierstöcke und Hoden:

$$C^{37} H^{64} O^{1}.$$

Ambranin in Ambra:

$$C^{33} H^{65} O^{1} (H^{66})?$$

Im Gehirn kommen endlich viele Fette vor, die von verschiedenen Chemikern untersucht sind (*Couerbe, Fremy*), in denen Phosphor und Schwefel vorkommen sollten: *Eleëncephol, Cerebrot, Cephalot, Stearaconot,* nach *Couerbe.* Die Zusammensetzung derselben ist aber noch nicht gehörig bekannt.

Diese flüchtige Aufzählung der Fette, die in Pflanzen und Thieren vorkommen, lehrt uns, dass sie von grosser Wichtigkeit sind für die Kenntniss des in Pflanzen und Thieren vor sich gehenden Stoffwechsels. Man findet dieselben in den Pflanzen sehr verbreitet, so dass sie meistens in kleiner Menge bei jeder Analyse irgend eines Pflanzentheils erhalten werden, aber man findet dieselben oft zu grossen Mengen in Samen angehäuft. Wo feste Proteinverbindungen in den Pflanzen abgelagert werden, findet man häufig zugleich eine reichliche Menge Fett. Im thierischen Körper ist dieser Zusammenhang zwischen Protein und Fett ebenfalls bemerkenswerth. Das Gehirn, welches zum grossen Theil aus Eiweiss besteht, enthält zugleich eine grosse Menge von Fetten; die Milch, welche als Hauptbestandtheil eine Proteinverbindung enthält, enthält zugleich viel Fett. Allein bei den Thieren wird ausserdem in den Zellen des Zellgewebes das Fett, und zwar oft in sehr reichlicher Menge, angehäuft, ohne dass irgend eine Proteinverbindung daneben auftritt.

Aus dem, was wir hier oben mitgetheilt haben, geht hervor, dass die Thiere viel Fett von den Pflanzen erhalten. Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob alles Fett, das die Thiere besitzen, von den Pflanzen herrühre. *Dumas* glaubt dies, während *Liebig* das Gegentheil behauptet [1]. Das Beispiel der Bienen ist in dieser Hinsicht schon wichtig. Allein die von *Dumas* angege-

[1]) Annalen der Pharmacie und Chemie. Bd. 45.

benen Versuche waren so wichtig, dass es anfangs wirklich schien, als ob eine Kuh alles Fett, das in der Milch vorkommt, als solches aus der Nahrung bezöge [1]).

Ohne zu untersuchen, ob die Natur des Fettes der Nahrungsmittel darauf keinen Einfluss hatte, hat man einfach Fett für Fett genommen, ohne die Natur desselben zu bestimmen. Man bestimmte das Fett, welches aus den Nahrungsmitteln durch Aether ausgezogen werden konnte, die Menge der Nahrung, welche ein Thier in einer bestimmten Zeit zu sich nahm, die Gewichtszunahme des erwachsenen Thieres beim Genusse dieser Nahrung, und aus solchen Versuchen glaubte man ableiten zu können, ob alles Fett in der Nahrung gefunden wird, oder aber ob ein Theil desselben aus anderen Nahrungsstoffen, Stärkmehl, Zucker u. s. w., bereitet werden kann. Eine Gans besonders war der Gegenstand, über welchen der Streit geführt wurde. Wenn eine Gans mit Mais gemästet wurde, glaubte *Liebig*, dass aus der Stärke im Körper Fett müsste bereitet werden können, weil im Mais eine unbedeutende Fettmenge von $\frac{1}{10}$ Proc. vorkommt, während *Dumas* 9 Proc. Fett aus Mais ausschied und also viel mehr Fett in der Nahrung fand, die von der Gans in einer gegebenen Zeit verbraucht wurde, als die Gans in der Zeit an Gewicht zugenommen hatte.

Es ist nicht leicht, die aufgeworfene Frage gut zu lösen; denn in fast allen Nahrungsstoffen findet man mehr oder weniger Fett. *Liebig* führt indess viele Beispiele von Substanzen an, die kein oder wenig Fett enthalten, und von denen es dennoch feststeht, dass sie vorzugsweise die Fettbildung im thierischen Körper fördern. Alle Mehlstoffe, Reis, Erbsen, Bohnen, Kartoffeln, Getreide, werden vorzugsweise benutzt, um Thiere zu mästen, fett zu machen. Sie enthalten freilich alle Fett, aber nur wenig. Reis z. B. 0,13 — 0,25 Proc.; Erbsen 1,20 — 2,1; Bohnen 0,70;

[1]) Comptes rendus, 6. Mars 1843, p. 552. Vgl. die ausführliche Relation von *Dumas, Boussingault* und *Payen* über den Ursprung des Fettes in den Thieren, in Comptes rendus, 13. Février, p. 345.

ausgepresste Runkelrüben 0,67; trockene Kartoffeln 3,05 Proc. an in Aether löslichen Bestandtheilen. Wenn ein Thier also 1000 Pfund von einer dieser Substanzen zu sich nimmt, so kann es von denselben 13—25, 12, 7, 6½, 30 Pfund Fett erhalten.

Nach *Liebig* brauchen 3 Schweine, um in 13 Wochen fett gemästet zu werden, 1000 Pfund Erbsen und 6825 Pfund gekochte Kartoffeln, die 1638 Pfund trockner Kartoffeln entsprechen. In diesen sind zusammen in den Erbsen 21, in den Kartoffeln 5, also im Ganzen 26 Pfund Fett enthalten. In einem gemästeten Schwein findet man im Mittel 50—55 Pfund Fett, also in dreien 150—165 Pfund. Ein Schwein, das zur Mästung benutzt wird, enthält im Durchschnitt 18 Pfund Fett; in dreien 54. Wenn man zu diesen 54 Pfund die 26 in der Nahrung enthaltenen fügt, und dies von 150 — 165 Pfund abzieht, so würden 70 — 85 Pfund Fett aus dem Stärkmehl gebildet sein.

Zu diesen Resultaten fügt *Liebig* noch Bestimmungen des in den Excrementen der Kühe enthaltenen Fettes, das der Menge nach nur wenig verschieden ist von dem im Heu oder in den Kartoffeln enthaltenen, die von einer Kuh als Nahrung genossen wurden; woraus also wieder hervorgehen würde, dass alle Butter, die von einer mit Heu und Kartoffeln genährten Kuh gewonnen wird, aus dem Stärkmehl und anderen Bestandtheilen der Nahrung entstände, und keineswegs unmittelbar als Fett aus der Nahrung gewonnen würde. Eine Kuh verzehrt nämlich 7½ Kilogramm Heu, in denen 1,56 % Fett, und also im Ganzen 116 Gramm Fett enthalten sind; ausserdem 15 Kilogramm Kartoffeln, in welchen 10 Gramm Fett enthalten sind, also im Ganzen 126 Gramm. Die täglich ausgeleerten Excremente einer Kuh wiegen 4000 Gramm, sie enthalten 3,119 % Fett, also 125 Gramm, und demnach ungefähr so viel wie im Heu und in den Kartoffeln zusammen [1]).

Diesen von *Liebig* angegebenen Versuchen gegenüber theilt

[1]) Comptes rendus, 13. Mars 1843, p. 568.

Payen [1]) andere mit von zwei Pferden, die weniger Fett in ihren Excrementen abgeben, als in ihrer Nahrung gefunden wird. Die zwei Pferde wogen zusammen 940 Kl. In 14 Tagen, in welchen sie nur mit Heu gefüttert wurden, hatten sie 332 Kl. Heu verzehrt, in welchen 6,64 Kl. Fett waren; in der Zeit gaben sie 266 Kl. Excremente, in welchen 3,672 Kl. in Aether lösliche Stoffe, also 2,968 Kl. weniger als in der Nahrung, enthalten waren. Während dieses Versuchs hatte das eine Pferd 13, das andere 25 Kl. an Gewicht abgenommen. Hieraus sollte hervorgehen, dass auch Fett im Körper verzehrt wird, und dass nicht immer Fett aus anderen Substanzen bereitet zu werden braucht.

Die Ansicht, dass aus den Nahrungsstoffen im thierischen Körper wirklich Fette bereitet werden können, wird dadurch kräftig unterstützt, dass im thierischen Körper wirklich einige Fette bereitet werden müssen, wie die Hirnfette, Cholesterin, die Fette der Capra-Arten, Cetin u. s. w. Wenn nun Fette im thierischen Körper bereitet werden, so ist es nöthig, dass dies entweder aus anderen Fetten, oder aus anderen Substanzen, Stärkmehl z. B., geschehe; beides ist in so fern dasselbe, als in beiden Fällen eine Umsetzung der Elemente stattfinden müsste. Von wissenschaftlicher Seite lässt sich also auch nichts gegen den Satz einwenden, dass Thiere Fette bereiten können, und *Dumas* hat also geirrt, wenn er annahm, dass die Pflanzen für die Thiere die Fette bereiten, und dass die Thiere dies selbst nicht könnten.

Wozu die Fette im Thierkörper dienen, werden wir später angeben.

Bei der mikroskopischen Untersuchung solcher Samen, die beim Auspressen Oel geben, wie z. B. der Mandeln, findet man Oeltropfen, die an den inneren Wandungen der Zellen anliegen, und sich deutlich unterscheiden lassen. Diese werden durch das

[1]) *Dumas* verwirft das von *Liebig* angeführte Beispiel der Kuh, weil die Menge der Nahrung, der Butter und der Excremente zu sehr verschieden sei. Comptes rendus, 6. Mars 1843, p. 559.

Auspressen der Samen bei der gewöhnlichen Temperatur ausgetrieben, und sie liefern das Oel. Es ist indess bekannt, dass eine viel grössere Menge Oel aus solchen Samen ausgepresst wird, wenn sie erst bis zu einer gewissen Temperatur erwärmt sind. Ein anderer Theil des Oels, der nicht frei in den Samen enthalten ist, wird dadurch frei, und kann so auch ausgepresst werden. Diese Erwärmung geschieht entweder durch Röstung, oder durch Erhitzung in Wasserdunst oder Wasser. Es reicht hin, wenn dies bis zu einem solchen Grade geschieht, bei dem Eiweiss zu gerinnen pflegt, was ungefähr bei 62° stattfindet.

In den fetthaltigen Samen kommt nämlich ausser den genannten Oeltröpfchen noch eine grosse Menge unregelmässiger Kügelchen vor, von einer gelblichen, halb durchscheinenden Substanz. Sie sind eine Verbindung von Eiweiss und Kleber mit Oel, wahrscheinlich eine chemische Verbindung, welche einen Theil des Oels ausscheidet, wenn das Eiweiss erhitzt wird und dabei von dem einen isomeren Zustande in den anderen übergeht (man kann hier nicht wohl sagen, wenn es coagulirt, denn das Eiweiss ist schon fest), — eine Modification, für welche das Eiweiss von Pflanzen und Thieren so sehr empfänglich ist. Alles Oel wird indess auf diese Weise nicht frei, auch bei allen fetthaltigen Samen nicht gleich viel, so dass manche eine viel höhere Temperatur oder wiederholtes Pressen und Erhitzen erfordern, um ihres Oels beraubt zu werden, z. B. der Leinsamen, der in Vergleich zu den Mandeln viel schwerer sein Oel verliert. Daher sind alle diese Oele eiweisshaltig, und sie müssen zu manchen Zwecken eine Reinigung von dieser Substanz erfahren. — Gereinigte Oele (patentolie). —

Alle diese Samen, Ricinus-, Hanfsamen u. s. w. enthalten Amylum, bevor sie gehörig entwickelt sind; aber dieses verschwindet in dem Verhältnisse, in welchem die Menge des fetten Oels in denselben zunimmt, und wenn diese die höchste Stufe erreicht hat, d. h. wenn der Samen gehörig entwickelt ist, so ist keine Spur von Amylum mehr in demselben zu erkennen. Es ist also in hohem Grade wahrscheinlich, dass dieses

Stärkmehl zur Bildung des Fettstoffs dient; dass die Fette in den Zellen selbst aus Stärkmehl gebildet werden, während das Eiweiss und der Kleber, die aus den Pflanzensäften herbeigeführt werden, nur in dieselben abgelagert werden. Die einfache Zusammensetzung mancher Samen wird einmal über die Bildung der Fette Licht verbreiten, und die Metamorphose des Stärkmehls in Fette chemisch aufklären.

Bei der Fettbildung, aus welchen Stoffen es auch gebildet werde, müssen sehr sauerstoffreiche Körper, oder gar reiner Sauerstoff zum Vorschein kommen. Aber solche sauerstoffreiche Körper, wie bei der Fettbildung aus Amylum entstehen müssten, sind in den Pflanzen nicht bekannt. Wir kennen keinen einzigen aus anderen Pflanzenstoffen entstehenden Pflanzenbestandtheil, der den bei der Fettbildung übrigbleibenden Sauerstoff aufnehmen könnte. In dieser Fettbildung müssen wir also ohne Zweifel eine der vielen Quellen der Sauerstoff-Ausscheidung der Pflanzen erkennen. Der aus Stärkmehl frei gewordene Sauerstoff kann durch Diffusion zu vielen anderen Theilen der Pflanze, zu den Blättern, durch die Zellenwandungen oder Luftgefässe geführt werden, um so in die Atmosphäre ausgeschieden zu werden.

Wenn nun eine solche Umsetzung wirklich in dem Samen vor sich geht, so kann dies nach folgendem Schema geschehen:

	C	H	O
7 Aeq. Amylum .	84	140	70
8 „ Wasser . .		16	8
	84	156	78
1 „ Margarinsäure	34	68	3
1 „ Elainsäure .	44	80	4
2 „ Lipyloxyd .	6	8	2
Sauerstoff . . .			69
	84	156	78.

Diese Vorstellung kann aber erst dann als richtig betrachtet werden, wenn es sich gezeigt hat, dass alles Fett in den genannten Samen aus Stärkmehl entsteht, und dass nicht zu-

gleich andere Körper aus den Elementen des Amylums gebildet werden. Die einfache Zusammensetzung einiger ölhaltigen Samen, die aus Cellulose, Proteinverbindungen und Fetten bestehen, machen letzteres nicht unwahrscheinlich.

Indess überall, wo wir in den Pflanzen Fette finden, anzunehmen, dass dieselben aus Stärkmehl gebildet werden, wäre gewagt. Schon frühe findet man Kügelchen eines fetten Oels, die mit Stärkmehlkörnchen vermischt sind, in einigen noch unreifen Samen. In den Pollenkörnchen findet man auf der Oberfläche durchgeschwitztes Fett mit Wachs verbunden, und in sehr vielen Pflanzentheilen, ja sogar in den meisten findet man etwas weniges Fett. Ob dies immer aus Amylum entstanden sei, lässt sich nicht zuverlässig angeben. Das ist gewiss, dass das Stärkmehl dazu bestimmte Verhältnisse erfordert; denn die an Stärkmehl reichen Pflanzentheile geben keineswegs viel Oel. Wenn aber das Fett unter dazu günstigen Einflüssen, z. B. unter dem Einfluss von Proteinverbindungen, wirklich aus Stärkmehl entstanden ist, dann kann es durch die grosse Neigung, sich zu verbreiten, sich capillar zu vertheilen, leicht anderswohin geführt werden, wo das Wasser fast fehlt, um die Zellenwandungen feucht zu erhalten, oder wo Eiweiss fehlt, um dieses zu fixiren. Daher wird es denn auch auf den Pollenschläuchen äusserlich gefunden; daher findet es sich in den Fruchtbedeckungen ölhaltiger Früchte, wenn dieselben trocken zu werden anfangen. Wenn das Fett in einer wässrigen Flüssigkeit vertheilt oder in derselben mit Eiweiss verbunden ist, dann sind die Fettkügelchen zu gross, um aus derselben durch die Zellenwandungen hindurch zu dringen. Solche Fette bleiben dann an der Stelle, an der sie abgesondert sind, liegen, z. B. in der Cocusnuss.

Dass in den keimenden Samen die Stärke durch Diastase in Dextrin und Zucker verwandelt wird, und dass diese der jugendlichen Pflanze zur Nahrung gereichen, ist eine unläugbare Thatsache. In den ölhaltigen reifen Samen fehlt nun die Stärke. Es ist wahrscheinlich, dass in diesen die fetten Oele

mit dem Eiweiss den Zweck der Stärke und des Eiweisses beim Keimen erfüllen, dass also die Fette dabei im Boden eine Zersetzung in Nahrungsstoffe für das jugendliche Pflänzchen erfahren; in was für welche aber, ist unbekannt.

Was für eine Fähigkeit Eiweiss und Fett verbunden haben, um chemische Wirkung auf andere Stoffe auszuüben, um z. B. Milchzucker in Milchsäure zu verwandeln, hat *Lehmann* neulich gelehrt [1]). In den Pflanzen können also diese beiden Stoffe mit einander vermengt eine Reihe von Metamorphosen hervorrufen, und, wie es scheint, dazu dienen, den Zucker in Säuren zu verwandeln, wie aus *Lehmann's* Versuchen fast von selbst hervorgeht. Hierbei wird coagulirtes Eiweiss auch in den löslichen Zustand übergeführt, und so kann also umgekehrt das Fett, das unter Mitwirkung des Eiweisses im Stande ist, Zucker in Milchsäure umzusetzen, auf das Eiweiss zurückwirken und dieses löslich machen. Durch diese gegenseitige Einwirkung von Fett und Eiweiss und Zucker auf einander kann also auch in den Pflanzen das coagulirte Eiweiss fortbewegt und anderswohin geführt werden, während neutrale Fette dabei nicht immer in die entsprechenden, sondern auch in andere Fettsäuren — Elain z. B. in Buttersäure — verwandelt werden (Lehmann), — eine Entdeckung, die in der That für die Zoochemie von Wichtigkeit ist. (Vgl. Milch.)

Chlorophyll.

Es ist durch zuverlässige Versuche erkannt worden, dass die grünen Pflanzentheile, wenn sie von der Sonne beschienen werden, Sauerstoff ausscheiden. Diese wichtige Thatsache steht aber in der Wissenschaft noch vereinzelt da, ohne dass sie in Zusammenhang gebracht wäre mit dem mannigfaltigen Stoffwechsel, der in den Pflanzen vor sich geht und von welchem dieselbe nur ein letztes Resultat ist. Es ist einleuchtend, dass dieser Sauerstoff von einer oder mehren Substanzen, die an dem

[1]) *Franz Simon,* Beiträge zur phys. und path. Chemie, Bd. 1, S. 73.

Orte der Ausscheidung oder anderswo zugegen sind, herrühren muss. Dass ihr Entweichen aus den grünen Pflanzentheilen die Folge einer Bildung sauerstoffarmer Körper aus sauerstoffreichen sein muss, und dass nur bei dieser Umsetzung der Stoffe Sauerstoff aus den Pflanzen entweichen kann.

Solche an Sauerstoff arme Stoffe trifft man nur in den Pflanzen. Bei der Sauerstoff-Ausscheidung aus den Pflanzen werden wir dieselben aufzählen und zeigen, dass diese Ausscheidung eine einfache Folge der Erzeugung dieser Stoffe ist. Bei der Geschichte der Fette haben wir darüber schon einige Worte gesagt (S. 271).

Es verdient hier eine fast allgemein in den Pflanzen verbreitete Substanz Erwähnung, nämlich das sogenannte Chlorophyll. Es ertheilt den Blättern ihre grüne Farbe, und zeigt sich weil die grünen Pflanzen Sauerstoff ausscheiden, dort, wo diese Ausscheidung stattfindet.

Es springt in die Augen, dass die jugendlichen Pflanzentheile viel heller grün gefärbt sind, als die älteren, dass somit die Menge des Chlorophylls mit dem Alter der Blätter zunimmt. Wenn nun das Chlorophyll eine sauerstoffarme Substanz wäre und aus sauerstoffreichen Substanzen gebildet würde, so würden dadurch allein schon die grünen Pflanzentheile in den Stand gesetzt Sauerstoff auszuscheiden. Dies ist aber keineswegs der Fall: das Chlorophyll ist eine sauerstoffreiche Substanz. Nichtsdestoweniger ist die Regel wahr: die Blätter entwickeln Sauerstoff, nicht *weil* sie grün *sind*, sondern *indem* sie grün *werden*.

Um diesen Satz zu prüfen, wollen wir in der Kürze die Geschichte des Chlorophylls durchgehen.

Schon vor einigen Jahren habe ich darüber Untersuchungen angestellt [1]) und gezeigt, dass die Substanz, welche von *Pelletier* und *Caventou* mit dem Namen *Chlorophyll*, von *de Candolle*

[1]) Natuur - en Scheikundig Archief, Deel II, p. 1, en Nat. bydragen, Deel VII, Bd. I, p. 82.

mit *Viridin*, von *Macaire Prinsep, Clamor Marquart* und Anderen mit dem Namen *Chromül* bezeichnet wurde, als ein Gemenge von Wachs und reinem grünem Farbstoff zu betrachten ist.

Es ist wichtig, dies von vorn herein anzuführen, weil die Erzeugung beider, des Wachses, d. h. eines Fettstoffs, und des mit demselben vermengten grünen Farbstoffs, mit derselben Verrichtung der Pflanzen, nämlich mit der Sauerstoffentwickelung im Zusammenhang steht. Die Bildung des Wachses und des Blattgrüns in den Blättern haben also einen genetischen Zusammenhang, und verdienen in dieser Hinsicht gemeinschaftlich betrachtet und behandelt zu werden, wenn gleich diese beiden Stoffe chemisch nicht verwechselt werden dürfen.

Zieht man nämlich grüne Blätter mit Aether aus, so wird die Flüssigkeit grün; dampft man diese ab und zieht man den Rest mit Weingeist aus, so scheidet sich beim Erkalten eine reichliche Menge eines weissen Fettstoffs aus, während der grüne Farbstoff in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Bevor wir dazu übergehen, das, was wir über den reinen grünen Farbstoff wissen, mitzutheilen, wird es zweckmässig sein einige allgemeine Bemerkungen über das genannte Gemenge von Wachs und Farbstoff zu machen. Im botanischen Sinne nennt man dieses Gemenge Blattgrün; im chemischen Sinne kann nur der reine grüne Farbstoff diesen Namen tragen. Ich werde, damit keine Verwirrung entsteht, ersteres mit B, letzteres mit C bezeichnen.

Aehnliche aus einer wachsähnlichen Fettart und Farbstoffen bestehende Gemenge findet man in anderen oberflächlichen Pflanzentheilen, ausser in den Blättern, so namentlich in der Haut der Früchte, besonders wenn diese gefärbt sind. Diese die Frucht bekleidende Haut ist zuerst mit der allgemeinen Pflanzenfarbe grün gefärbt, wird allmälig roth u. s. w., und erhält dabei immer mehr Härte und häufig auch Glanz.

Wenn man solche Fruchthäute, z. B. die unserer Aepfel, mit Aether auszieht, so erhält man eine grosse Menge eines wachsähnlichen Stoffs in denselben gelöst, und die Farbe die-

ses Wachses ist verschieden, je nachdem die Farbe der Fruchthaut verschieden ist, in den Aepfeln grau, in den Wachholderbeeren schön orange u. s. w.

Das Wachs dieser gefärbten Fruchthäute und der grünen Blätter und unreifen Früchte hat zweifelsohne denselben Ursprung, wenn es auch nicht dieselbe Zusammensetzung hat; der grüne Farbstoff der unreifen Früchte hat aber seine Stelle einem anderen Farbstoff der reifen Früchte überlassen, und ersterer ist wahrscheinlich in letzteren verwandelt.

Eine Beobachtung von *Senebier*[1]) verdient noch immer eine besondere Aufmerksamkeit. Er fand, dass roth und gelb gefärbte Pflanzentheile keinen Sauerstoff aushauchen, wenn sie vom Sonnenlicht beschienen werden, sondern dass dies nur bei den grünen Theilen statt findet; hieraus scheint man mit Recht schliessen zu dürfen — es wird sich indess nachher zeigen, dass ersteres unrichtig ist, — dass der grüne Farbstoff aus Substanzen entsteht, die Sauerstoff abgeben, und dass er selbst an Sauerstoff arm sein muss, während die anders als grün gefärbten Pflanzentheile auf diese Weise nicht entstehen können; endlich dass die Farbstoffe, welche beim Verschwinden des grünen Stoffs der Fruchthaut oder der Blätter übrig bleiben, entweder mit dem grünen Farbstoff vermengt schon theilweise bestanden, oder durch eine Zersetzung desselben gebildet wurden.

Das gefärbte Wachs, welches man durch Aether und Alkohol aus der Haut von Wachholderbeeren erhält, wird durch Schwefelsäure, Salzsäure, Kali und Natron entfärbt und beinahe weiss. Die Eigenschaften desselben stimmen mit denen des Cerins überein, und wenn gleich eine Elementaranalyse diese Uebereinstimmung nicht bestätigt hat, scheint man doch berechtigt, dasselbe für eine zu den wachsähnlichen Körpern gehörige Substanz zu halten. Schon bei den Fetten (S. 263) lernten wir drei verschiedene Wachsarten kennen: Cerin, Myricin

[1]) Physiologie végétale, Tom 5, p. 71.

und Cerosin. Es giebt aber mehre: bei der Angabe der Analyse der meisten Pflanzentheile, der Wurzeln, Rinden, u. s. w. findet man dieselben angeführt. Die Klasse der wachsartigen Körper ist wahrscheinlich eben so gross wie die der harzigen, aber leider! noch wenig bekannt. Aus Wachholderbeeren und aus der Rinde der Wurzel von Apfelbäumen, bei der Bereitung von Phloridzin hat man dieselbe wachsartige Substanz erhalten, deren Zusammensetzung ist:

$$C^{40} H^{64} O^{10} = 20 (C^2 H^3) + O^8 + {}^2 H^2 O$$ [1]).

Die Eigenschaften dieser beiden Wachsarten stimmen fast ganz mit einander überein.

Ebenso verhält es sich mit dem, was aus den Schaalen von Aepfeln, Trauben, Früchten von Cucurbita lagenaria, dem spanischen Pfeffer, Gurken, Apfelsinen und Citronen erhalten wird. Alle diese Stoffe sind je nach der Farbe der Früchte verschieden gefärbt, und verhalten sich ebenso wie das Blattgrün B zu den Reagentien, insoweit man den Fettstoff in demselben berücksichtigt. Durch Aether erhält man eine relativ grössere Menge Fett, durch Alkohol eine grössere Menge Farbstoff, weil der Farbstoff besser in Alkohol, der Fettstoff besser in Aether löslich ist.

Hinsichtlich des Ursprungs des Wachses [2]) in der Frucht-

[1]) Scheik. Onderz., Deel II, p. 157. I. ist aus der Rinde von Apfelbäumen, II. aus Wachholderbeeren.

	I.		II.	
C	69,17	69,16	68,89	69,64
H	8,91	8,85	9,22	9,32
O	21,92	21,99	21,99	21,04.

	At.	ber.
C	40	68,67
H	64	8,94
O	10	22,39.

[2]) Wir nennen diese Substanz *Wachs*, weil es mit demselben in den Eigenschaften übereinstimmt; in der Zusammensetzung ist es verschieden von dem, was wir gewöhnlich unter diesem Namen verstehen. Das Wachs der Haut der Früchte scheint ein Uebergangsstoff zum Cerin und Myricin

haut ist also zu bemerken, dass es da war, seitdem die Früchte grün waren, dass damals das Wachs in denselben gebildet und zurückgeblieben ist, nachdem der grüne Farbstoff der unreifen Früchte beim Reifen eine andere Farbe angenommen hat. Fügen wir hinzu, dass in den im Herbst entfärbten Blättern eine reichliche Menge eines ähnlichen Fettstoffs gefunden wird, wie in der Fruchthaut und den grünen Blättern vorhanden ist; dass die im Herbst sich röthenden Blätter an Pflanzen gefunden werden, welche rothe Früchte haben, und dass die Pflanzen, welche im Herbst gelbe Blätter bekommen, häufig gelblich gefärbte Früchte bekommen, so ist zugleich am Ursprung des rothen und gelben Farbstoffs der Fruchthaut aus dem Chlorophyll C nicht mehr zu zweifeln.

Wie kräftig der Einfluss des Lichts dazu mitwirkt, dass das Blattgrün C, welches in den Fruchtbedeckungen vorkommt, eine andere Farbe annimmt, und dass aus demselben der Farbstoff der reifen Fruchthaut gebildet wird, ist aus der allgemeinen grünen Farbe der nicht gehörig von der Sonne beschienenen Früchte, und aus der Gegenwart eines anderen Farbstoffs an der Sonnenseite, klar, während auf der anderen Seite Blätter, welche dem Einflusse des Lichts entzogen werden, bleich werden und die, welche dem Einflusse des Lichts stark ausgesetzt sind, eine reichliche Menge des Blattgrüns B erhalten. Dieser interessante Unterschied in der Einwirkung des Lichts auf die Fruchthaut und die Blätter ist aus derselben Ursache zu erklären, aus welcher die herbstliche Farbenänderung der Blätter abgeleitet werden muss, daraus nämlich, dass das Licht nur dann blosses B Blattgrün erzeugen kann, wenn Stoff genug vorhanden ist, aus welchem dieses jedesmal, wenn das, was da ist, unter demselben Einflusse des Lichts zersetzt wird, auf's neue bereitet werden kann, während der grüne Farbstoff, wenn jener Vorrath einmal

zu sein. — S. 263 haben wir einige Wachsarten erwähnt; allein es scheinen mehre zu bestehen. So fand z. B. *Solly* (London and Edinb. Phil. Mag. 1837, II, p. 452) im Safte des Kuhbaums eine eigenthümliche wachsähnliche Substanz, welche er Galaktin nennt.

verbraucht ist, selbst zerlegt wird, so dass aus demselben andere, nicht mehr grün gefärbte Stoffe entstehen.

Das Licht hat einen mächtigen Einfluss auf die grüne Färbung der Pflanzen, und eine mächtige zersetzende Wirkung auf alle Farbstoffe, selbst das C Blattgrün nicht ausgenommen. Kaum sind Spargeln, Kartoffeln, aus der Knospe hervorbrechende junge Blätter u. s. w. dem Einfluss desselben ausgesetzt, so werden sie grün. Es muss also eine allgemein in der Pflanze verbreitete Substanz die Bildung des Blattgrüns veranlassen, eine Substanz, welche auch dort vorhanden ist, wo keine grüne Farbe beobachtet wird, in Theilen, welche nicht vom Licht beschienen werden, weil es gleichgültig ist, welcher Pflanzentheil dem Licht ausgesetzt wird und sich diese grüne Farbe immer erzeugt, wenn dieser Theil im natürlichen Zustande eigentlich dem Licht entzogen sein sollte. Dies geschieht nicht nur an der Oberfläche, sondern auch so weit unter der Oberfläche, als das Licht durch die halb durchscheinenden Pflanzentheile mehr oder weniger hindurchdringen kann. Daher wird denn auch in krautartigen Pflanzen fast in allen Theilen B Blattgrün gefunden, wenn auch in der grössten Menge in den Blättern, in jenen meistens plattenförmigen Ausbreitungen, die mit einer grossen Oberfläche der Einwirkung des Lichts unterworfen sind.

Es giebt viele Pflanzen, die entweder punktirte, oder gefleckte, oder gar ganz anders als grün gefärbte Blätter haben; andere, die gar nicht gefärbt und auch nicht grün sind. Dies alles führt zu dem Schlusse, dass in jenen ganzen Pflanzen oder in den Theilen derselben, welche nicht grün gefärbt sind, die Stoffe, aus welchen das Blattgrün gebildet wird, nicht zugegen sind. Bisweilen sieht man im Sommer durch Insektenstiche, wenn das ganze Blatt grün ist, eine einzelne Stelle roth gefärbt; die Einwirkung des Hagels besonders, also eine örtliche Quetschung des Blatts, bringt diese Farbenveränderung hervor. Der grüne, an jenen Stellen vorhandene Farbstoff wird durch das Licht zersetzt, aus den noch vorhandenen Stoffen wird keine neue Menge bereitet, und dieser Theil des Blatts erhält in der

Regel dieselbe Farbe, welche das ganze Blatt im Herbste erhalten haben würde. Dies lehrt uns also, dass die herbstliche Farbenveränderung der Blätter eine chemische Veränderung des grünen Farbstoffs durch das Licht ist, ohne dass irgend eine Function der Pflanzen an dieser Veränderung Theil hat.

Die anders als grün gefärbten Blätter sind dies entweder in Folge eines allgemein in den Pflanzen verbreiteten Farbstoffs, oder sie entwickeln örtlich eine eigenthümliche Substanz, ohne dass von dieser irgend eine Spur in anderen Pflanzentheilen vorkäme. So findet man bei vielen Pflanzen die untere Fläche der Blätter nicht grün, sondern anders gefärbt oder gefleckt. Diese Farben verdienen jetzt noch für einen Augenblick unsere Aufmerksamkeit. Die gelbe Farbe sieht man ziemlich häufig bei den Folia picta, maculata, punctata. Ilex aquifolium ist z. B. in dieser Hinsicht bemerkenswerth; sie hat bald grüne Blätter mit gelben Rändern, bald gelbe Blätter mit grünen Rändern. Aucuba japonica hat abwechselnd grüne und gelbe Flecken; Celtis australis hat grüne Blätter mit gelben Streifen auf den Adern, ebenso Carduus marianus. Solche Stellen sind im selben Zustande wie die gelben Herbstblätter, wenn jene Stellen früher grün gewesen sind, oder wenn dies der Fall nicht ist, so fehlte es vom Anfange der Entwicklung des Blatts an an dem Stoffe, durch welchen das Blatt eine grüne Farbe erhalten könnte, wie man dies z. B. deutlich bei Arum pictum sehen kann. Aus diesem Grunde können viele dieser gestreiften oder in einer anderen Weise gelb gefärbten Blätter ganz grün werden, wenn die Pflanze besser genährt wird.

Eine solche Abwechselung, wie man zwischen gelb und grün antrifft, findet man auch in roth und grün; in diesem Falle müssen aber nothwendiger Weise zwei Farbstoffe zugegen sein. Rubus rosaefolius hat grüne Blätter mit feinen rothen Rändern; Maranta zebrina hat Blätter, die unten violett, oben grün und gelb gestreift sind. Besonders merkwürdig ist in dieser Hinsicht Maranta bicolor.

Diese Unterschiede, die mit der Farbenveränderung im

Herbste immer ursächlich zusammenhängen, müssen so erklärt werden, dass der ursprünglich überall vorhandene grüne Farbstoff an den Stellen, deren Farbe sich ändert, durch das Licht zersetzt wird und in eine rothe Farbe übergeht, während die grüne nicht wieder hergestellt wird. Ebenso ist dies der Fall bei Fagus sylvatica purpurea, wo mit dem Blattgrün zugleich ein rother Farbstoff vorkommt, der durch das Licht erzeugt wird, während der grüne Farbstoff in Menge abnimmt, in dem Verhältnisse, in welchem die Blätter vom Lichte weniger beschienen werden. Eine weisse Lilie ist in ihrer Jugend grün.

Die seegrüne Farbe, color glaucus, entsteht durch ein dünnes Wachsschichtchen, welches oberflächlich über die grünen Blätter vertheilt ist. Die Blätter von Echium fastuosum und von Sedum dasyphyllum werden grün, wenn man sie einige Augenblicke in Aether oder Alkohol hält, und sie verlieren das dünne Wachsschichtchen, welches die Oberfläche bedeckte. Der Thau, welcher das Gras bedeckt, färbt es aus demselben Grunde seegrün. Die kleinen Wassertröpfchen zeigen sich dem Auge nicht und durch dieselben nimmt das Blattgrün den Color glaucus an. Die Wachsmenge, welche so auf den Blättern vorkommt, ist bei einigen bedeutend, z. B. auf Ceroxylon; die Trauben, Pflaumen und andere Früchte, besonders von Myrica cerifera, enthalten eine grosse Menge dieses durchgeschwitzten Wachses, und in der grössten Menge fand ich es auf der äusseren Oberfläche der Bracteën von Musa paradisiaca. Auf der Oberfläche der Blätter vieler Encephalartos-Arten liegt eine dicke Wachsschichte. (Miquel.)

Nach dieser Aufzählung einiger Thatsachen, in welchen wir besonders die Gegenwart von Wachs und einem grünen Farbstoff in den unreifen Früchten und Blättern, von Wachs und einem rothen Farbstoff in den rothen herbstlichen Blättern und in den rothen Früchten, von Wachs und einem gelben Farbstoff in den gelben Herbstblättern und den gelben Früchten angedeutet finden, wollen wir einige Versuche von *Berzelius* erwähnen [1]),

[1]) Annalen der Pharmacie, Bd. 27, S. 296.

die er angestellt hat in der Absicht, die Natur des reinen grünen Farbstoffs in den Blättern kennen zu lernen.

Berzelius hat seine Versuche an Blättern von Sorbus Aria angestellt; ich habe dieselben wiederholt für Blätter von Weinreben, Hollunder und Pappeln und für Gras, und ich habe genau dieselben Resultate erhalten.

Frische mit Aether ausgezogene Blätter geben eine dunklere Auflösung, als getrocknete; letztere ist mehr oder weniger gelblich; sie verhält sich übrigens wie die der nicht getrockneten Blätter, nur liefert sie weniger reines Blattgrün als diese.

Wenn man die aetherische Auflösung bis zu einer kleinen Menge verdampft, so scheidet sich ein Stoff aus, der mit Alkohol ausgezogen wird, bis dieser sich gelblich färbt; sodann setzt man den Rest zum übrig gebliebenen Aether, und verdampft die weingeistige Lösung. Was hiervon zurückbleibt, wird von neuem mit warmem Alkohol behandelt, man lässt es erkalten, und es scheidet sich eine grosse Menge Wachs aus, das durch ein Filtrum getrennt wird, und dessen Zusammensetzung unten folgt. Die grüne weingeistige Lösung, bis zur Trockne abgedampft, lässt einen Stoff zurück, der fast ganz durch starke Salzsäure aufgelöst und aus dieser durch Wasser wieder gefällt wird; wenn man diesen Stoff mit Wasser wäscht, so wird dieses gelb gefärbt. Das so gereinigte Blattgrün ist jetzt in Weingeist und Aether schwer löslich, ertheilt diesen Flüssigkeiten eine schwarze Farbe und macht sie undurchscheinend. Mit einer starken Kalilauge übergossen, wird diese schön grasgrün und lässt eine schwarze Substanz ungelöst zurück. Wenn man zur Kalilauge mehr Essigsäure hinzusetzt, als nöthig ist, um das Kali zu neutralisiren, so wird das Blattgrün wieder gefällt. Dieses ist rein grün, schmilzt nicht bei 200^0, löst sich darauf sogar fast ganz in Salzsäure und Kali mit einer schönen grasgrünen Farbe.

Das reine C Blattgrün, durch starke Salzsäure ausgezogen aus dem, was die weingeistige Lösung enthielt und nach der Verdampfung zurücklässt, kann durch Marmor aus der salzsauren Lösung ausgeschieden werden. Es ist in Wasser unlöslich,

in Weingeist mit grüner Farbe löslich, mehr oder weniger ins Blaue übergehend, wenn der Farbstoff vorher getrocknet worden ist. Durch das Trocknen scheint er einigermaassen verändert zu werden. Zum Aether verhält er sich wie zum Weingeist. Durch concentrirte Schwefelsäure wird er mit einer schönen grünen Farbe gelöst, durch Wasser aus derselben gefällt. Ebenso verhält er sich zur Salzsäure, lässt hier aber sichtbarer eine hellgelbe Substanz zurück, welche *Berzelius* Xanthophyll nennt, und welche die Ursache der gelben Farbe der Herbstblätter ist. In dem C Blattgrün, so wie es in den Sommerblättern vorkommt, ist diese gelbe Substanz der gelben Herbstblätter nicht enthalten; sie zeigt sich nur, wenn der grüne Farbstoff in zwei Zersetzungsprodukte, einen blauen und einen gelben, zerlegt wird. Wenn Chlor durch die salzsaure Lösung des reinen Blattgrüns geleitet wird, so entfärbt sie sich und lässt weisse Flocken zurück, die theilweise in Aether löslich sind; beide in Aether lösliche und unlösliche Substanzen sind fetter Natur. Das Chlor scheint also das von Wachs befreite Blattgrün, d. h. den reinen grünen Farbstoff, in Wachs und in einen anderen Fettstoff zu verwandeln, welche Verwandlung entweder durch Oxydation oder durch eine Entziehung von Wasserstoff erzeugt werden kann; jedenfalls lehrt uns dies, dass das Wachs in den Blättern zum Theil aus dem reinen C Blattgrün entstehen kann. Durch Essigsäure wird reines Blattgrün gelöst; durch Salpetersäure wird es ohne Gasentwicklung gelb. Kali und Ammoniak lösen es mit einer schönen grünen Farbe auf, ebenso kohlensaures Kali und kohlensaures Ammoniak, Kalk- und Barytwasser. Aus einer Auflösung von Blattgrün in Alkohol wird dieses durch essigsaures Blei gefällt.

Das C Blattgrün der getrockneten Blätter ist in mancher Hinsicht von dem erwähnten verschieden; es stimmt überein mit dem Theil des Farbstoffs der frischen Blätter, welcher im Aether aufgelöst blieb und nicht ausgeschieden wurde und welcher in Alkohol am schwersten aufgelöst wird. Erinnern wir uns daran, dass nach den Untersuchungen von *Berzelius* das

grüne Chlorophyll unter dem Einfluss der Luft zum Theil gelb wird, dass in den an der Luft getrockneten Blättern weniger grüner Farbstoff und mehr gelber vorkommt, so sollte man glauben, dass es ein natürlicher Schluss sei, dass der grüne Farbstoff durch Sauerstoffabsorbtion in gelben verwandelt wird. Es ist indess das Gegentheil wahr; desoxydirende Umstände färben das Blattgrün gelb. Beim Trocknen der Blätter und bei der Verarbeitung des reinen Blattgrüns an der Luft scheint also ein Theil gänzlich in neue Produkte zerlegt zu werden; da aber der gelbe Stoff, der in einer salzsauren Lösung von reinem Blattgrün durch Chlor gebildet wird, fetter Natur ist, muss ein Theil des Wachses, den wir mit dem reinen Blattgrün vermengt finden, ein Zersetzungsprodukt des reinen Blattgrüns sein, und zwar ein solches, welches gebildet wird, wenn ein Theil der Elemente des Chlorophylls desoxydirt werden. Wenn wir hiermit die gelbe Färbung der Blätter im Herbste und ihren bedeutenden Wachsgehalt in Verbindung bringen, so zeigt es sich deutlich, dass diese durch eine chemische Umsetzung des Blattgrüns gebildet wird. Es ist also wichtig, diese gelbe, von *Berzelius* genau beschriebene Substanz zu verfolgen.

Der in Aether zurückgebliebene und durch Weingeist gelb zurückgelassene Theil des C Blattgrüns, von welchem die getrockneten Blätter eine grosse Menge enthielten, wurde in Aether gelöst und zu dieser Auflösung wurde Salzsäure gesetzt. Es entstanden zwei Schichten; die aetherische war gelb, die saure grün. In dieser letzteren schwamm viel schwarzgrünes Fett, welches abgeschieden und mit Salzsäure gewaschen wurde. Die salzsaure Auflösung schied nach ihrer Sättigung mit Marmor Blattgrün aus, welches wieder mit Salzsäure gewaschen und gekocht wurde; der grösste Theil wurde hierdurch aufgelöst, liess aber einen schwarzen Rest zurück. Wenn nun wieder Marmor zur Säure gesetzt wurde, so schied sich das Blattgrün mit einer gelblichgrünen Farbe aus, während die vorher grasgrüne Flüssigkeit blau wurde, — eine Thatsache, die wir oben schon kennen lernten und welche in hohem Grade Auf-

merksamkeit verdient, weil bekanntlich aus blau und gelb grün gebildet wird, und weil man an vielen ursprünglich grünen Früchten eine blaue Farbe beobachtet; endlich weil der gelbe Farbstoff, der hier in den an der Luft getrockneten Blättern in einer so reichlichen Menge gefunden wird, nicht wohl anders als durch das Trocknen, d. h. durch chemische Veränderung des Blattgrüns beim Trocknen entstanden sein kann. Unter den Zersetzungsprodukten des reinen C Chlorophylls treffen wir also einen blauen und einen gelben Farbstoff.

Mit wenigen Ausnahmen stimmt dieses Gemenge von gelbem und blauem Farbstoff der getrockneten Blätter in den Eigenschaften mit dem Blattgrün der frischen Blätter überein, wenn man nur ausnimmt, dass es aus der Auflösung in Salzsäure nicht so wie das der frischen Blätter gefällt wird.

Die schwarze Substanz, von welcher soeben die Rede war, zieht schnell Feuchtigkeit aus der Luft an. Schwefelsäure löst sie mit einer aus braun, gelb und grün zusammengesetzten Farbe auf. Ebenso waren ungefähr die Farben, welche sie in den anderen Lösungsmitteln annimmt, die im Stande sind, reines Blattgrün aufzulösen. Sie ist ein drittes Zersetzungsprodukt des reinen Chlorophylls.

Aus diesen Versuchen von *Berzelius*, die ich wegen der Natur der Verschiedenheit der Farben der Blätter absichtlich ausführlicher mitgetheilt habe, — diese Verschiedenheit lässt sich ja leicht aus einigen wenigen in verschiedenen Verhältnissen befindlichen Farbstoffen ableiten — darf man zunächst schliessen, dass der grüne Farbstoff der Blätter sehr leicht in drei verschiedene Substanzen zerlegt wird: in einen gelben, einen blauen und einen schwarzen; dass aus den verschiedenen Verhältnissen dieser drei mit den grünen vermengt, verschiedenes Grün entstehen muss, und dass also die Blätter, nicht nur wegen eines verschiedenen Gehaltes an Blattgrün, sondern auch wegen einer verschiedenen Verbindung dieser drei Farbstoffe, eine verschiedene grüne Farbe besitzen müssen. Den Malern ist es wohl bekannt, wie man aus blau, gelb und schwarz alle mögliche

Arten von grün bereiten kann. Das schon in diese drei Stoffe zerlegte C Blattgrün kann also nichtsdestoweniger die Blätter grün färben.

Die Blätter enthalten vom reinen C Chlorophyll eine äusserst geringe Menge, und nach *Berzelius* nicht mehr, als gefärbte Baumwolle an Farbstoff enthält.

Wenn eine Tinctur von reinem Blattgrün dem Sonnenlichte ausgesetzt wird, so wird sie binnen wenigen Stunden statt grün gelb. Eine salzsaure aetherische Lösung von reinem Blattgrün, in einer halb gefüllten Flasche fünf Monate lang aufbewahrt, zeigte das Blattgrün ganz in Blattgelb verwandelt. (Berzelius.) Diese Versuche sind wichtig. Sie lehren uns zunächst die Zersetzung des grünen Farbstoffs, mit Zurücklassung eines gelben, und also mit der Vernichtung des blauen und schwarzen Stoffs kennen, und zwar sowohl unter der Einwirkung des Lichts, wie ohne dieselbe, sodann eine wahrscheinliche ähnliche fortwährende Zersetzung und Wiedererzeugung des grülnen Farbstoffs in den grünen Blättern unter dem Einfluss des Lichts. Die fortwährende Zersetzung des grünen Farbstoffs kann theilweise die Ursache der Entstehung des Wachses sein; die Menge desselben nimmt ja zu, je später im Sommer man dieselben Blätter untersucht. Wenn diese Wiedererzeugung unterhalten wird, so bleiben die Blätter grün; wenn sie nicht mehr fortgesetzt wird, so werden sie gelb, was im Herbste geschieht. Die Erfahrung, dass das Licht nothwendig ist für die Entstehung der grünen Farbe der Blätter u. s. w., lehrt uns ferner, dass zur Erzeugung des grünen Farbstoffs das Licht erfordert wird, und die Erfahrung, dass das Licht die grüne Farbe einer Tinctur von reinem Blattgrün in eine gelbe verwandeln kann, lehrt uns, dass der gebildete, der schon gewordene grüne Farbstoff unter demselben Einfluss des Lichts zersetzt wird. Dadurch ist also auf eine befriedigende Weise die abwechselnde Erzeugung und Zersetzung des grünen Farbstoffs in den grünen Blättern ausser Zweifel gestellt.

Die Entstehung eines blauen Farbstoffs aus zersetztem

Blattgrün ist ebenfalls wichtig. Ich sah denselben intensiv auftreten, als durch Marmor aus Salzsäure gefälltes reines Chlorophyll mit verdünnter Salzsäure ausgewaschen wurde. Die verdünnte saure Lösung enthielt nichts von grünem Farbstoff, zeigte aber ein schönes Indigblau, und hatte den reinen grünen Farbstoff auf dem Filtrum zurückgelassen.

Es ist gewiss dieser blaue Farbstoff, der in der Haut vieler Früchte, z. B. in Trauben vorkommt. Wie derselbe aber aus dem Chlorophyll gebildet wird, ist unbekannt; ebenso ist es unbekannt, wo in diesen Fällen der gelbe Farbstoff bleibt; stark oxydirende Einflusse veranlassen, dass die grüne Farbe des Chlorophylls gänzlich verschwindet, desoxydirende ebenfalls. Das Blattgrün ist also in der That eine sehr beständige und eine sehr veränderliche Substanz, welche in der Pflanze mancherlei Verrichtungen vorsteht.

Wenn wir verfolgen, auf welche Weise der grüne Farbstoff gebildet wird, nämlich stets unter dem Einfluss des Lichts, und uns daran erinnern, dass bei jenem Einfluss des Lichts auf die Pflanzen zugleich Sauerstoff ausgeschieden wird, so darf man zwischen beiden einen ursächlichen Zusammenhang annehmen. Jugendliche im Finstern aufbewahrte Pflanzen werden nicht grün; jugendliche dem Licht ausgesetzte Pflanzen werden um so grüner, je stärker sie vom Licht beschienen werden.

Man würde indess irren, wenn man glaubte, dass nicht nur die Bildung sauerstoffarmer Körper (des Wachses), die mit dem C Blattgrün vermengt sind, sondern auch die Bildung des grünen Farbstoffs unter Sauerstoffausscheidung stattfinden muss, wenn zu derselben die gewöhnlichen Pflanzenbestandtheile, z. B. die Stärke, verbraucht werden. Es geht im Gegentheil aus den Versuchen von *Berzelius* hervor, dass der grüne Farbstoff, wenn er gebildet wird, Sauerstoff absorbirt, und dass er Sauerstoff verliert oder Wasserstoff bindet, wenn er farblos wird.

Hinsichtlich dieser Fähigkeit, oxydirt und wieder reducirt zu werden, kann das Blattgrün mit dem Indigo verglichen werden. *Berzelius* hat zu dem Ende reines grünes Blattgrün in

Salzsäure aufgelöst und der Einwirkung des Wasserstoffs in statu nascenti ausgesetzt. Er legte ein Stückchen Zink in die salzsaure Auflösung und sperrte die Luft durch eine zweischenklige Röhre ab. Der sich entwickelnde Wasserstoff verwandelte das Grün vollkommen in gelb. Beim Abdampfen der gelben Flüssigkeit in einem offenen Gefässe wurde sie allmälig wieder grün, wenn auch nicht so intensiv wie früher. Durch die Wärme wurde die grüne Farbe nicht wiederhergestellt, sondern der gelbe Stoff wurde roth; er enthielt eine gelbe, mit einer rothen vermengte Substanz. Die Erzeugung dieses rothen Stoffs ist deshalb wichtig, weil im Herbste viele Blätter roth statt gelb werden. Allein wir kennen noch keinen Zusammenhang zwischen dieser aus Salzsäure zurückgebliebenen rothen Substanz und dem rothen Farbstoff der Herbstblätter, und wenn es auch wahrscheinlich ist, dass der rothe Farbstoff der Herbstblätter unter dem Einfluss eines Alkali durch Sauerstoff-Absorbtion aus dem grünen entsteht, und in demselben Verhältnisse weniger Wachs aus demselben gebildet wird, so ist es dennoch nicht erwiesen[1]).

Ueber diesen rothen Farbstoff der Herbstblätter hat *Berzelius* ebenfalls einige Versuche angestellt [2]). Er bemerkt, dass, während sehr viele Blätter im Herbste gelb werden, diejenigen, welche Pflanzen mit rothen Früchten angehören, roth werden, und er sieht also einen engen Zusammenhang zwischen der rothen Farbe der Früchte und der rothen Farbe, welche jene Blätter annehmen. Den Farbstoff, den er aus Kirschen und Johannisbeeren isolirte, fand er gleich dem, welchen er aus roth gewordenen Herbstblättern von Kirschbäumen oder Johannisbeersträuchern dargestellt hatte. In beiden Früchten fand er auch denselben Farbstoff. Derselbe ist in Wasser und Weingeist in allen Verhältnissen löslich, unlöslich in Aether; er kann in der wässrigen Lösung nicht durch die Wärme abgedampft werden,

[1]) Ich habe, indem ich diese Versuche von *Berzelius* wiederholte, vollkommen dieselben Resultate erhalten.

[2]) Annalen der Pharmacie, Bd. 21, S. 262.

ohne braun und weniger löslich zu werden. In der Auflösung ist er schön roth, giebt aber mit Kalkmilch vermengt ein grünlich graues Praecipitat. *Berzelius* schliesst hieraus, dass er keine Verbindung eines blauen Farbstoffs mit einer Säure ist, wie man geglaubt hat. Wird aber der Farbstoff, so unrein, wie er bei der Behandlung der Fruchtbedeckungen mit Wasser erhalten wird, und also mit Aepfel-und Citronensäure verunreinigt, mit essigsaurem Blei gefällt, so entsteht ein hellblauer Niederschlag. Da nun das Ammoniak den rothen Farbstoff braun färbt, scheint der Versuch mit Kalk eher eine Zersetzung unter dem Einfluss des Alkali anzudeuten. Aus Wachholderbeeren gab der rothe Farbstoff mit essigsaurem Blei einen grünen Niederschlag, was also wieder auf ein Gemenge von gelb und blau hindeutet.

In den rothen Herbstblättern von Kirschen und Johannisbeeren fand *Berzelius* ausser jenem rothen Farbstoff Wachs und Fett. Diese wurden durch Wasser aus der alkoholischen Tinctur, in welcher sie gelöst waren, gefällt, während der rothe Farbstoff gelöst blieb. Wenn man zu dieser wässrigen Auflösung essigsaures Blei setzte, so entstand ein grüner Niederschlag, der nach einigen Augenblicken bräunlich grau wurde. Der Farbstoff, der durch Schwefelwasserstoff hieraus ausgeschieden wurde, während die Flüssigkeit im luftleeren Raum verdampft wurde, verhielt sich, kleine Unterschiede abgerechnet, wie der vorige.

Aus den gelben frischen Herbstblättern von Birnbäumen zog *Berzelius* durch Alkohol einen gelben Farbstoff mit Fett gemengt aus, welches Fett nur zum Theil durch ein Alkali verseift werden konnte (Wachs). Den gelben Farbstoff selbst hat *Berzelius* nicht ganz von diesem Fett befreien können; in Wasser war er unlöslich, in Weingeist und Aether löslich; an der Luft wurde er ganz gebleicht. Durch Alkalien gelöst, konnte er durch Säuren wieder gefällt werden. *Berzelius* hält denselben für einen Stoff, der zwischen Oel und Harz liegt, und nennt ihn Xanthophyll.

Aus dem Angeführten geht genugsam hervor, dass das C Blattgrün eine selbständige Existenz hat, und von Wachs oder

Fetten gänzlich verschieden ist; dass es in einen gelben, einen schwarzen und einen blauen Farbstoff zerlegt werden kann, und dass es, mit diesen vermengt, wirklich in vielen Blättern vorkommen muss; dass aus diesem Gemenge die Verschiedenheit des Grüns der Blätter entstehen muss; dass oxydirende Körper und desoxydirende ihn zersetzen und zuletzt farblos machen können; dass das Wachs unter desoxydirenden Einwirkungen aus demselben entstehen zu können scheint, wenn gleich das in den Blättern vorkommende Wachs grösstentheils einen anderen Ursprung hat.

Was nun das reine C Chlorophyll betrifft, so haben wir nur eine einzige Art desselben, nämlich das Chlorophyll aus Pappelblättern (Populus tremula) der Analyse unterwerfen können, und auch dieses nur in sehr kleinen Quantitäten, *so dass wir weit davon entfernt sind, über die Zusammensetzung desselben Gewissheit zu haben.*

Die Analyse gab:

$$C^{18} H^{18} N^{2} O^{8}$$ [1].

Sollte diese Zusammensetzung bestätigt werden, wozu indess viele Analysen des Chlorophylls verschiedener Blätter nöthig sind, so schliesst sich das Chlorophyll an die indigoartigen Körper an. Das durch Wasserstoff in statu nascenti entfärbte Chlorophyll wird also wahrscheinlich eine Wasserstoffverbindung des grünen sein:

$C^{16} H^{10} N^{2} O^{2}$ blauer Indigo,
$C^{16} H^{12} N^{2} O^{2}$ weisser Indigo.

Aus der erwähnten Zusammensetzung lässt sich ableiten, dass desoxydirende oder Wasserstoff bindende Einflüsse, unter

[1]) Scheik. Onderz., Deel II.

	gef.	At.	ber.
C	55,51	18	55,81
H	4,82	18	4,56
N	6,68	2	7,19
O	32,99	8	32,54.

welchen das Chlorophyll in den Pflanzen verkehrt, dasselbe statt grün weiss färben müssen.

Da das grüne Chlorophyll eine sauerstoffreiche Substanz ist, giebt es bei der Entstehung desselben keinen Sauerstoff ab, sondern braucht denselben vielmehr, um statt farblos, wie es ursprünglich ist, grün gefärbt zu werden. Es ist nämlich wahrscheinlich, dass es in der Pflanze überall als weisses Chlorophyll vorhanden ist, dass es aber, wenn es freiem Sauerstoff ausgesetzt wird, grün wird; dass umgekehrt bei der Chlorosis das grüne Chlorophyll desoxydirt oder hydrogenisirt wird und keineswegs verschwindet, sondern ebenso wie der Indigo durch schwefelsaures Eisenoxydul in weissen Indigo verwandelt wird.

Ueber die Natur des reinen C Blattgrüns lässt sich nichts mit Sicherheit sagen, so lange die Zusammensetzung desselben nicht feststeht; ebensowenig über die Verwandlung desselben in gelbe, blaue und schwarze Stoffe, von welchen eben die Rede war.

Die Farbenveränderung der Blätter im Herbste ist eine Erscheinung, welche besondere Beachtung verdient. Wenn die Function der Pflanze abnimmt, sieht man, wie die meisten Blätter gelb, einige roth, andere braun werden. Die letzte Farbe bemerkt man besonders bei nicht sehr grünen, saftreichen Blättern; es ist eine Humusbildung, eine Zersetzung der Pflanzencellulose in Ulminsäure, durch welche jede andere Veränderung der Farbstoffe, die im Blatte vorhanden sind, den Augen entzogen wird.

Wir haben unsere Aufmerksamkeit also nun auf die gelbe und rothe Farbe zu richten. *Robinet* und *Guibourt* [1]) hatten schon die Bemerkung gemacht, dass Pflanzen, welche rothe oder blaue Früchte haben, rothe Herbstblätter bekommen. Blätter von Weinreben, die blaue Trauben geben, bekommen im Herbste rothe Blätter, die, welche weisse Trauben geben, meist gelbe.

[1]) Journal de Chimie Méd. 1827, Avril, p. 161.

Diese Bemerkung ist wichtig und lässt sich durch viele Beispiele bestätigen. Sie führt sogleich zu dem Schlusse, dass die gelbe Farbe der Blätter eine andere Ursache haben muss als die rothe.

Die Stelle, an welcher die Farbenveränderung der Blätter im Herbste anfängt, ist bei verschiedenen Blättern verschieden. Bei einigen fängt sie an den Spitzen, bei anderen an den Rändern, bei noch anderen in der Nähe der Nerven an; andere bekommen gefärbte Flecken: bei Plantago lanceolata fängt sie an den Spitzen an, bei Lythrum salicaria an den Rändern; bei Fuchsia multiflora an den Nerven; mit Flecken bei Ribes nigrum. Diese Beispiele lehren uns eine ganz allmälige Farbenveränderung des grünen Farbstoffs in den Pflanzen kennen; eine Farbenveränderung, welche anfängt, wenn kein neuer grüner Farbstoff mehr abgelagert oder bereitet wird, wenn der Stoffwechsel im Blatt aufzuhören anfängt.

Es herrscht bekanntlich eine grosse Verschiedenheit hinsichtlich der Zeit, in welcher diese Farbenveränderung anfängt. Wenn die Temperatur bedeutend abnimmt, und eine sehr trockne Witterung bewirkt, dass die Function der Blätter früh aufhört, verändern sie die Farbe früher. Bei den Blättern derselben Pflanzen kann mann hierin sogar Verschiedenheit wahrnehmen. Crataegus indica hat nur rothe Blätter, während die Masse noch grün ist; Olea europaea nur gelbe. Dies alles lehrt uns einen Unterschied in der Farbenveränderung der Blätter kennen, der von der Function eines jeden Theilchens, oder von der des ganzen Blatts abhängt.

Durch desoxydirende Stoffe kann man die gelbe Herbstfarbe nicht in grün verwandeln. Es ist Wachs mit einer gelben Substanz verbunden, die übrig geblieben ist, nachdem das reine C Chlorophyll durch das Licht zersetzt worden ist, und das Blau und Schwarz in farblose Stoffe verwandelt worden sind (S. 285). Ganz anders verhält es sich mit dem rothen Farbstoff der rothen Herbstblätter, der ebenfalls mit Wachs verbunden ist. Von Azalea pontica, A. rosea, Vitis hederacea, die alle rothe Herbstblätter haben, werden die weingeistigen Tincturen

grün, wenn sie dem Einfluss desoxydirender Substanzen, wie des schwefelsauren Eisenoxyduls ausgesetzt werden. Dieselbe Veränderung erfahren auch rothe Farbstoffe, die während des Sommers in den Blättern selbst bereitet werden. Die violette Farbe der Sommerblätter von Fagus sylvatica purpurea wird durch schwefelsaures Eisenoxydul in ein schönes Grün verwandelt [1]).

Säuren oder Alkalien sind nicht fähig, die Farbe zu modificiren, ausgenommen, dass sie in concentrirtem Zustande dieselben angreifen. Die Uebereinstimmung zwischen der rothen Farbe der Fruchthaut und der rothen Farbe der Herbstblätter hat sich mir bei sehr vielen Versuchen auf's deutlichste gezeigt. Beide sind selbständig, unabhängig von Säuren oder Alkalien, und die Beobachtung von *Macaire Prinsep*, dass die rothe Farbe der Herbstblätter die Folge einer Säure ist, welche sich in den Blättern entwickelt, ist durchaus unrichtig, ebenso wie die, dass die gelbe Farbe der rothen vorausgeht. Es giebt auch durchaus keinen Zusammenhang zwischen der Farbe der Blumen und der der Herbstblätter und Früchte, wie *Robinet* und *Guibourt* zu finden glaubten; ebensowenig zwischen den rothen und anderen Farbstoffen, die durch manche Pflanzen ganz verbreitet gefunden werden. Ueber die rothe Färbung der Herbstblätter lässt sich indess jetzt nichts Bestimmtes angeben, weil die chemische Zusammensetzung der im Herbst in den rothen Blättern vorhandenen Stoffe unbekannt ist. So viel steht indess fest, dass das C Chlorophyll dabei gänzlich zersetzt und in neue Produkte verwandelt wird. Die gelbe Färbung ist wahrscheinlich eine Desoxydations-Erscheinung des C Chlorophylls.

H. Mohl [2]) glaubt indess nicht, dass das Chlorophyll in

[1]) Ich meine indess damit nicht, dass hierbei wahres C Blattgrün gebildet werde. Eine rothe alkoholische Tinctur von Johannisbeeren, zu welcher man Salzsäure setzt und in die man Zink taucht, wird gänzlich entfärbt, keineswegs grün.

[2]) *Diss.* Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter, 1837.

irgend einer Beziehung steht zu der rothen Winterfärbung der Blätter, sondern im Gegentheil zu der Farbe der Früchte. Die Kälte verändert die Function der Blätter, und so wie die Blätter in der Kälte durch das Licht roth werden, so werden nach *Mohl* die Früchte durch die Wärme roth. *Mohl* erklärt keineswegs die Entstehung des rothen Farbstoffs der Herbstblätter aus verändertem Chlorophyll, weil er in rothen Blättern unveränderte Chlorophyllkörnchen beobachtete. Indess lässt sich nicht läugnen, dass, wenn man gehörig geröthete Herbstblätter mit Aether auszieht, fast kein Chlorophyll erhalten wird, sondern eine rothe Tinctur statt einer grünen; es ist aber bekannt, dass eine kleine Menge Chlorophyll eine grosse Aethermenge grün färbt.

Decaisne [1]) hat eine Verwandlung des Chlorophylls in den Farbstoff der Färberröthe angezeigt, welcher Farbstoff ursprünglich gelb ist und durch feuchten Sauerstoff in roth übergeht. Es ist also wahrscheinlich, dass sehr viele Farbstoffe in den Pflanzen aus dem C Chlorophyll entstehen, oder doch aus denselben Stoffen, aus welchen das C Chlorophyll gebildet wird.

Die Entstehung des B Chlorophylls ist von den Pflanzenphysiologen auf sehr verschiedene Weise dargestellt worden. Sehr viele haben dasselbe als grünes Stärkmehl angegeben, andere als grüne Bläschen, andere als farblose Bläschen, die mit einer grünen Flüssigkeit angefüllt seien, und diese sollten nach Einigen an die Wandungen der Zellen geheftet sein, nach Anderen frei im Pflanzensaft herumschwimmen, ebenso wie die Blutkörperchen im Blut.

Hugo Mohl, hat wie es scheint, die genauesten Beobachtungen über dasselbe mitgetheilt [2]).

Nach *Mohl* ist der Pflanzensaft niemals grün, sondern stets farblos oder roth. Wenn der Saft unter dem Mikroskop grün erscheint, so rührt dies daher, dass eine kleine Menge Chlorophyll grünes Licht zurückwirft durch die Stoffe, welche

[1]) Recherches Anatomiques et Physiologiques sur la Garance, 1837.

[2]) Ann. des Sc. Nat. Bot. Tom. 9, p. 150.

unter dem Mikroskop betrachtet werden. In diesem Saft kommt das Chlorophyll wie eine grüne Gallerte vor, sei es nun in einer bestimmten Form, amorph, oder körnig, oft die innerste Wand der Zellen bedeckend.

In den Conferven findet man besonders das amorphe Chlorophyll, und in den Phanerogamen das amorphe mit dem körnigen in derselben Zelle vermengt, oder das amorphe zeigt sich als Anhang eines jeden Körnchens, oder endlich die Chlorophyllkörnchen sind in einer Masse gallerartigen Chorophylls vertheilt. Die Menge dieses letzteren ist oft so klein, dass es oft nur ein Wölkchen um das Körnchen bildet, oder sich als an das Körnchen geheftete Fädchen zeigt. Diese findet man besonders in den sogenannten Fettpflanzen.

Besteht es aus Körnchen, so sind diese lose an die Zellenwand geheftet, bisweilen schwimmen sie alle oder doch einzelne lose im Zellensaft. Durch diese Chlorophyllkörnchen hat man in Valisneria spiralis und Stratiotes aloïdes die Bewegung des Saftes in den Zellen wahrgenommen. Bisweilen endlich findet man einige Chlorophyllkörnchen zu einer dritten Masse in der Mitte der Zelle verbunden.

Mohl unterscheidet Chlorophyllkörnchen und im Chlorophyll befindliche Körnchen. Letztere sind Kügelchen ohne Hülle, mit oder ohne Ordnung im amorphen, gallertartigen Chlorophyll gelagert. In den Conferven findet man dies recht schön. Diese Körnchen sind weiss und bestehen nur aus Stärkmehl.

Die eigentlichen Chlorophyllkörnchen werden durch Weingeist, mit welchem ein Pflanzentheil ausgezogen wird, nicht aufgelöst, sondern nur von einer äussersten grünen Lage befreit, wodurch die Flüssigkeit grün gefärbt wird. Die äusserste Schichte besteht aus farblosem Wachs und aus C Blattgrün. Dass die eigentlichen Körnchen nicht aufgelöst werden, ist von vielen Pflanzenphysiologen nicht beachtet worden. Es ist dies eine wichtige Thatsache, welche aufs deutlichste den Ursprung der grünen Hülle anzeigt und einen engen Zusammenhang zwischen den soeben genannten farblosen Körnchen *im* amorphen Chlorophyll, der

grünen Hülle der Körnchen und dem Kern der grünen Körnchen selbst, welcher nach der Ausziehung mit Alkohol farblos zurückbleibt. Dieser Kern ist nämlich ebenfalls ein Stärkmehlkörnchen und die grüne Hülle, welche im botanischen Sinne Chlorophyll heissen muss, aber gewiss aus zwei Körpern besteht, nämlich aus dem reinen C Blattgrün und aus Wachs, ist als ein gallertiges Schichtchen um den Amylum-Kern gelaЗert. *Mohl* hat dies in vielen Pflanzen so gefunden und glaubt als allgemeine Regel aufstellen zu können, dass das körnige Chlorophyll stets ein Stärkmehlkörnchen zum Kern hat. Bisweilen sind zwei Amylumkörnchen in einem Chlorophyllkörnchen enthalten, bisweilen mehre. Dieser Kern von Stärke ist von sehr verschiedener Grösse und steht im umgekehrten Verhältniss zur grünen Hülle; bisweilen fehlt er gänzlich und das ganze Körnchen besteht nur aus Chlorophyll, so dass hieraus deutlich eine Metamorphose von Stärkmehl in B Chlorophyll hervorgeht.

Aus dieser Entdeckung, welche für die Erklärung der Sauerstoff-Ausscheidung durch die Pflanzen sehr wichtig ist, lässt sich der Unterschied der Form der Chlorophyllkörnchen, welchen man früher bobachtet hat, leicht erklären. Wenn ein einziges Amylumkörnchen von der Oberfläche desselben her in B Chlorophyll, d. h. also in Wachs und C Blattgrün, das sich als eine gallartige Hülle zeigt, verwandelt, so bleibt das Körnchen rund. Wenn die grüne Schichte eines einzigen Körnchens mit der eines in der Nähe liegenden verschmilzt, so hat ein Chlorophyllkörnchen zwei Amylumkerne, die später allmälig verschwinden. Die Form eines solchen Körnchens ist ellipsoidisch. Aus vier Amylumkörnchen entseht ein Tetraëder u. s. w. Und endlich aus dem Uebergang einer Gruppe von Amylumkörnchen in B Chlorophyll entsteht das, was *Mohl* amorphes Chlorophyll genannt hat, in welchem durch die Ausdehnung der grünen gallertigen Hüllen noch Spuren von Stärkmehlkörnchen übrig geblieben sein können.

Nach *Mohl* bildet sich bald einmal ein Chlorophyllschichtchen aus der Stärkmehlsubstanz, bald einmal ein Stärkmehl-

körnchen aus einem Chlorophyllkörnchen, je nachdem die Verhältnisse und besonders der Einfluss des Lichts verschieden sind. In den Conferven und besonders in Zygnema hält er es für ausgemacht, dass sich erst ein Chlorophyllkörnchen bildet, aus welchem sich darauf ein Stärkmehlkörnchen entwickelt, weil in den jungen Theilen die Kerne des Stärkmehls viel kleiner sind als in den älteren. Es scheint schwer, dies mit der Natur der beiden Körper in Einklang zu bringen. Eine Verwandlung des C Chlorophylls in einen Fettstoff oder in ein Harz lässt sich denken, aber in Stärkmehl ist unwahrscheinlieh. Wenn das C Chlorophyll verschwindet, so wie dies in den Pflanzentheilen, welche dem Einflusse des Lichts entzogen sind, der Fall ist, so muss es in eine andere farblose Substanz umgewandelt werden. Es muss diese das weisse Chlorophyll sein, von welchem oben die Rede war. In den ölhaltigen Samen (S. 267) bildet sich Fett aus Stärkmehl; dass sich umgekehrt ein Fettstoff, wie ein solcher mit dem B Chlorophyll vermengt vorkommt, in Stärkmehl verwandeln sollte, ist unwahrscheinlich. Dessen ungeachtet kann *Mohl's* Beobachtung vollkommen richtig sein, und ich zweifle auch nicht im Geringsten daran, dass in den älteren Theilen von Zygnema die Amylumkerne der Chlorophyllkörnchen grösser sind als in den jüngeren; es steht ja nichts im Wege, ein Wachsthum des Amylumkernes anzunehmen, wenn auch ein Theil der äussersten Schichtchen des Amylumkörnchens immer wieder in Chlorophyll verwandelt wird, wenn nur diese Verwandlung in Chlorophyll nicht so stark ist, wie das Wachsthum des Amylumkörnchens.

Dass diese Entstehung von Chlorophyll aus Amylum unter dem Einfluss des Lichts vor sich geht, ist hinlänglich bekannt. Der Theil der stärkmehlhaltigen Wurzeln, welcher dem Lichte ausgesetzt wird, wird grün. In den Pflanzentheilen, welche grün werden, trifft man ohne Ausnahme Stärkmehl, und bei der Abnahme der grünen Farbe der Blätter im Herbst vermindert sich und verschwindet dasselbe in einem solchen Grade, dass Jod keine Spur desselben mehr erkennen lässt. Das so allgemein

in den Pflanzen vorhandene Stärkmehl dient also, nach den mitgetheilten Beobachtungen, dazu, unter dem Einfluss des Lichts B Chlorophyll zu bilden, eine Substanz, die aus mehren zusammengesetzt ist, und in welcher besonders Wachs vorkommt [1]).

Was oben (S. 271) über die Verwandlung des Stärkmehls in Fette gesagt wurde, gilt also auch im selben Grade von der Verwandlung des Stärkmehls in einen der Bestandtheile des botanischen Chlorophylls. In den Blättern oder in anderen Pflanzentheilen, die stärkmehlkaltig sind, entsteht unter Anderen Wachs, welches einen Hauptbestandtheil ausmacht von dem, was mit dem grünen Farbstoff vermengt vorkommt. Die Zusammensetzung dieses Wachses ist [2])

$$C^{15}\ H^{30}\ O.$$

Wenn wir hierbei stehen bleiben, so sehen wir, dass, wenn dieses aus Stärkmehl entstehen soll, im Fall keine andere Körper zugleich gebildet werden, aus 5 Aeq. Stärkmehl 4 Aeq. Wachs und 56 Aeq. Sauerstoff entstehen können:

$$5 \times C^{12}\ H^{20}\ O^{10} + 10\ \text{aq.}$$

$$C^{60}\ H^{120}\ O^{60}$$

$$\underline{C^{60}\ H^{120}\ O^{4}}$$

$$O^{56}.$$

In einer grossen Menge von Blättern kommt nur eine höchst unbedeutende Menge grünen Stoffs vor; die grössere Masse,

[1]) Die von *Raspail* schon im Jahr 1833 bekannt gemachte Bebobachtung, dass in den Cotyledonen von Acer platanoides das Stärkmehl von einem grünen Farbstoff umgeben ist, lehrt uns, dass das Chlorophyll in einigen Fällen auch ohne die Einwirkung des Lichts gebildet werden kann. Nouveau système de Chimie Organique, p. 77. Der Embryo im Samen von Citrus ist grün.

[2]) Wachs von Gras (I) und von Hohlunderblättern (II) gaben bei der Analyse (Scheik. Onderz. Deel II, S. 157):

	I.	II.	At.	ber.
C	79,83	80,46	15	79,98
H	13,33	13,28	30	13,05
O	6,84	6,26	1	6,97.

welche man durch Aether aus den Blättern auszieht, ist besonders Fettstoff. Aus vier sehr verschiedenen Blätterarten, aus Hohlunder und Weinrebenblättern, aus Pappeln und aus Gras, habe ich keine andere, als die genannte Wachsart, in allen Eigenschaften und in der Zusammensetzung übereinstimmend gefunden, alle vier nur mit einer äusserst geringen Menge reinen C Blattgrüns vermengt. Bei der Bildung von Wachs aus Stärkmehl muss also eine reichliche Sauerstoffmenge frei werden, und damit ist denn die so wichtige Erscheinung erklärt, nicht dass die grünen Pflanzentheile Sauerstoff entwickeln, sondern dass die *grün werdenden* Pflanzentheile Sauerstoff aushauchen; die Bildung der Fette scheint wenigstens der des grünen Farbstoffs parallel zu gehen, der in den grünen Pflanzentheilen mit denselben vermengt ist.

Hierdurch ist also, wie ich glaube, die Verrichtung des Stärkmehls in den Blättern zugleich beleuchtet.

Lewy [1]) hat geglaubt, Wachs durch Kalk und Kali bei einer höheren Temperatur unter Wasserstoff-Entwickelung in Stearinsäure verwandelt zu haben; *Gerhard* berechnet die Zusammensetzung dieser Körper auf folgende Weise:

	C	H	O
Stearinsäure .	19	38	2
Wachs . . .	19	38	1.

Da aber die Stearinsäure durch diese Formel nicht dargestellt werden kann, so erheischt diese Verwandlung eine nähere Aufklärung.

Dass das aus Amylum gebildete Wachs in den Pflanzen unter oxydirenden Einflüssen in andere Fette übergehen kann, ist indess wahrscheinlich; dass aber das Wachs, welches in einer verdünnten Alkalilauge nicht verseifbar ist, und also nicht in die Blutmasse der Thiere kommt, sondern in den Eingeweiden bleibt, diese Verwandlung im Thierkörper nicht erfährt, lässt sich ebenfalls nicht bezweifeln (vgl. S. 263).

[1]) *Erdmann's* und *Marchand's* Journal, 1843. Nr. 17, S. 13.

Nach dem Obenstehenden darf man also festsetzen, dass das Stärkmehl, welches in den Blättern in Wachs verwandelt wird, eine Hauptquelle der Sauerstoff-Entwickelung durch die Pflanzen ist.

Die Frage muss noch beleuchtet werden, wodurch allein die grün- oder grünerwerdenden Pflanzentheile Sauerstoff aushauchen.

Im eigentlichen Sinne hat der grüne Farbstoff der Blätter mit der Sauerstoff-Entwickelung nichts gemein; im Gegentheil wird das farblose C Chlorophyll, welches überall vorhanden zu sein scheint, nur *unter Absorbtion* von Sauerstoff grün. Es geht hierbei also etwas Sauerstoff, der von dem in Wachs übergehenden Stärkmehl gebildet wird, verloren, der nicht in die Atmosphäre ausgeschieden wird.

Aber grade deshalb wird das C Chlorophyll nicht *gebildet* bei der Sauerstoff-Aushauchung, sondern nur statt weiss grün gefärbt. Dies kann allein an den Stellen stattfinden, an welchen Sauerstoff in Ueberfluss vorhanden ist, und wir sahen, dass dieses der Fall ist, wenn aus Stärkmehl Wachs gebildet wird.

Wir dürfen es deshalb für ausgemacht halten, dass das überall in den Pflanzen vorhandene weisse C Chlorophyll in demselben Verhältnisse grün werden und sich dem Auge zeigen wird, in welchem Stärkmehl in Wachs umgesetzt wird; denn in dem Verhältniss hat es ja Gelegenheit, Sauerstoff aufzunehmen, sich, wie weisser Indigo, zu oxydiren.

Dass nun das reine weisse C Chlorophyll nicht aus Stärkmehl entsteht, ist aus der wahrscheinlichen Zusammensetzung des grünen $C^{18}\ H^{18}\ N^{2}\ O^{8}$ gewiss. Es muss ein stickstoffhaltiger Körper zum Stärkmehl hinzutreten, oder aber, es muss zugleich mit der Umsetzung von Stärkmehl in Wachs ein stickstoffhaltiger Körper in gelöster Form in das Stärkmehlkörnchen dringen, welcher bei dieser Wachsbildung zugleich in

$$C^{18}\ H^{18}\ N^{2}\ O^{8}$$

umgesetzt wird.

Was dies für ein Körper sei, ist für jetzt ganz unbekannt.

Das steht aber fest, dass es eine ebenso allgemein wie die Stärke in der Pflanze verbreitete Substanz sein muss, und es ist also wahrscheinlich, dass es das Protein ist: eine Substanz, welche durch die Einwirkung der Salzsäure und des Sauerstoffs in die schönste violette Substanz verwandelt wird, die man sich denken kann.

Protein.

Sowohl in den Pflanzen, wie in den Thieren kommt eine Substanz vor, die von den ersteren bereitet und den letzteren in der Nahrung mitgetheilt wird, und im pflanzlichen und thierischen Körper von einem unbegrenzten Nutzen ist. Es ist eine der am meisten complexen Substanzen, die sich unter vielerlei Verhältnissen sehr leicht in der Zusammensetzung ändert und also eine Quelle des chemischen Stoffwechsels, besonders im thierischen Organismus, ist, ohne welche man sich denselben nicht denken kann. Es ist unläugbar der wichtigste aller jetzt bekannten Körper des organischen Reichs; ohne diesen Körper scheint das Leben auf unserm Planeten nicht bestehen zu können; durch denselben werden die wichtigsten Lebenserscheinungen zu Wege gebracht.

In allen möglichen Theilen der Pflanzen, in den Wurzeln, Stengeln, Blättern, Früchten, in den Säften derselben kommt er vor; in sehr ungleichartigen thierischen Theilen ist er vorhanden. In den Pflanzen findet er sich in dreierlei Form, in Wasser löslich oder unlöslich, und in Weingeist löslich; in den Thieren in vielen Formen, in Wasser löslich und unlöslich, und in dieser letzteren Form von verschiedener Structur. Er geht verschiedene Verbindungen mit Schwefel oder mit Phosphor ein, oder mit beiden, und zeigt sich grade dadurch so sehr verschieden im Ansehen und in den physikalischen Eigenschaften. Diese Substanz heisst *Protein*, da sie sehr ungleichartigen Körpern ihren Ursprung verleiht, und also eine primaire Substanz ist.

Man erhält diese Substanz in der Gestalt von weisslich

grauen Flocken, wenn man gekochtes Eiweiss in einer schwachen Aetzlauge auflöst und diese Lauge durch eine Säure neutralisirt. Ebenso erhält man sie, wenn man Getreidemehl, unter Wasser geknetet und von Stärkmehl befreit, in einer verdünnten Lauge auflöst und zur Sättigung eine Säure hinzusetzt.

Diese Substanz bildet im thierischen Körper die Hauptbestandtheile des Bluts, der Muskeln, vieler anderen Theile, und giebt vielfach Veranlassung zur Erzeugung neuer Körper.

Man trifft dieselbe ohne Unterschied in allen Pflanzensäften, schon in den jugendlichen Theilen der Wurzeln, und sie gehört also mit der Cellulose zu den Substanzen, welche aus der angebotenen Nahrung unmittelbar bereitet werden. Ob diese Substanz auch noch anderswo in der Pflanze gebildet wird, ist nicht erwiesen; da aber die jugendlichsten Würzelchen neben Cellulose Proteinverbindungen enthalten, kann sie wohl von dieser Stelle aus durch die ganze Pflanze hindurch bewegt werden. Dazu ist eine Eigenschaft derselben sehr förderlich, dass sie nämlich sehr leicht in Wasser aufgelöst werden kann. Umgekehrt aber kann sie in die feste Form übergehen, und also, in den Pflanzenzellen abgelagert, dieselben ausfüllen und zu einem festen Pflanzenbestandtheile werden. In dieser Form trifft man dieselbe in vielen Samen, deren Hauptmasse sie bilden kann. Es ist Protein, welches daselbst abgelagert ist, anderswo, wahrscheinlich an den Spitzen der Würzelchen gebildet wurde, und ursprünglich im gelösten Zustande in den Pflanzensäften enthalten war.

Diese Ablagerung von Protein im festen Zustande in gewissen Zellengruppen bei den Pflanzen kann durch einen einfachen Prozess geschehen. Säuren nämlich machen dasselbe unlöslich; das einfache Hinzutreten einer Säure reicht also zu dieser Metarmorphose hin. Umgekehrt kann das unlösliche Protein durch Alkalien wieder aufgelöst werden, und wenn es einmal in den Zellen irgendwo in fester Form abgelagert war, kann also das Hinzutreten einer alkalischen Flüssigkeit dasselbe anderswohin bewegen.

Einige Pflanzensäfte sind durch den grossen Gehalt an Proteinverbindungen milchweiss; aus demselben Grunde trüben sie sich alle, wenn sie erwärmt werden. In Verbindung mit fetten Oelen und Wasser bilden sie Emulsionen. Sie sind mit Schwefel und Phosphor, mit Basen und Salzen verbunden; sie werden in ihren Bestandtheilen leicht umgesetzt, und gehören also zu den wichtigsten Stoffen des Pflanzenreichs, die Metamorphosen in anderen erwecken und erhalten können.

Die Pflanzen bereiten dieses Protein und theilen es in der Nahrung den Thieren mit. Es ist nicht ausgemacht, ob die Thiere es selbst bereiten können oder nicht; bevor darüber ein bestimmter Ausspruch geschieht, muss dies durch Versuche ermittelt werden, was bis jetzt noch nicht geschehen ist. Allein das ist gewiss, dass die in den Pflanzen vorhandenen Proteinverbindungen durch die Nahrung den Thieren mitgetheilt werden, und da dieselben die Hauptbestandtheile des thierischen Körpers ausmachen, liefern die Pflanzen unmittelbar diesen Bestandtheil ganz oder theilweise.

Dass das Protein in den Pflanzen praeexistirt, und nicht durch die schwache Lauge, deren man sich bedient, um es zu isoliren, bereitet wird, kann kein unparteiischer Zuschauer bezweifeln oder läugnen. Zunächst haben die *Verbindungen*, die vom Protein in den Pflanzen gefunden werden, Eigenschaften, welche gänzlich mit denen des Proteins selbst übereinstimmen, wenn man *die* Eigenschaften ausschliesst, welche den mit Protein in den Pflanzen verbundenen Stoffen zukommen. Pflanzeneiweiss, z. B. eine Proteinverbindung von Schwefel und Phosphor, theilt alle Eigenschaften des Proteins, nur *die* ausgenommen, welche dem Schwefel und Phosphor zukommen. Fügt man hinzu, dass die procentische Zusammensetzung des Proteins und des Eiweisses dieselbe ist, wenn man nur den Schwefel und den Phosphor abzieht, die mit demselben verbunden sind, so lässt sich an der Praeexistenz des Proteins in den Pflanzen nicht zweifeln.

Die Formel des Proteins, wie sie aus vielfachen Verbin-

dungen, welche es mit Säuren eingeht, so wie aus der Analyse desselben erhalten wurde, ist: $C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}$ [1]).

[1]) Im Jahr 1838 habe ich aus vielen Versuchen diese Formel festgesetzt. — Protein aus Fibrin von Ochsenblut und von Eiweiss gab mir (Bulletin 1838, p. 110):

			At.	ber.
C	55,44	55,30	40	55,29
H	6,95	6,94	62	7,00
N	16,05	16,02	10	16,01
O	21,56	21,74	12	21,70.

Zur selben Zeit habe ich für die Zusammensetzung des Proteins aus Weizen gefunden (Bulletin 1838, p. 111):

C	54,99
H	6,87
N	15,66
O	22,48.

Dadurch war bewiesen, dass die Pflanzen das Protein ganz oder grösstentheils für die Thiere bereiten, und dass also thierisches Eiweiss, thierisches Fibrin u. dgl., welche durch eine kleine Menge Schwefel und Phosphor von Protein verschieden sind, diese Beimengungen abgerechnet, aus dem Pflanzenreich stammen müssten.

Um das Mischungsgewicht des Proteins zu bestimmen, habe ich mir lange vergebens Mühe gegeben. Endlich ist es mir gelungen, durch Schwefelsäure, chlorige Säure, Gerbsäure und andere. (Bulletin 1838, p. 119, 1839, p. 16, Scheik. Onderz. Deel I, p. 62.)

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS.

Protein - Schwefelsäure:

	gef.	At.	ber.
C	50,94	40	50,70
H	6,93	62	6,41
N	15,08	10	14,68
O	18,74	12	19,90
SO^3	8,34	1	8,31.

Protein - schwefelsaures Silber.

	gef.	At.	ber.
C	41,96	40	40,86
H	5,27	62	5,17
N		10	11,84
O		12	16,04
SO^3	6,33	1	6,70
AgO	19,72	1	19,39.

Siehe zwei andere protein - schwefelsaure Salze in Scheik. Onderz. Deel I, p. 65 von *Schröder* analysirt.

In den Pflanzen kommen Proteinverbindungen mit Schwefel und Phosphor vor; wie diese aber zusammengesetzt sind, ist noch nicht bekannt. Früher nannte man sie *lösliches Eiweiss, coagulirtes Eiweiss, Legumin* und *Pflanzenleim*, Namen, deren drei erstere *Liebig* in *Pflanzenalbumin, Pflanzenfibrin* und *Pflanzencasein* verwandelt hat. Wenn diese Namen richtig sein sollen, so müssen sie beruhen auf der Identität dieser drei Substanzen mit drei Proteinverbindungen des Thierreichs: dem Albumin, dem Fibrin und dem Casein. Aber diese Identität ist nicht erwiesen. Die kleine Menge Schwefel und Phosphor, durch welche diese letzteren sich von einander und vom reinen Protein unterscheiden, bestimmen ihre Natur. Da nun diese Mengen Schwefel und Phosphor der drei zuerst genannten pflanzlichen Substanzen jetzt noch unbekannt sind, so kann man diese Namen für die drei genannten Stoffe nicht gebrauchen. Ausserdem sind coagulirtes Pflanzeneiweiss und Legumin

Gerbsaures Protein.

	gef.		At.	ber.
C	55,15	54,28	58	54,78
H	5,56	5,75	76	5,86
N	10,63		10	10,94
O	28,66		23	28,42.

$= C^{40} H^{62} N^{10} O^{12} + C^{18} H^{10} O^{9} + 2$ aq.

Chlorigsaures Protein:

	Aus Hühnereiweiss.		Aus Fibrin.	Aus Casein.	At.	ber.
C	48,54	48,80	48,70	49,17	40	48,76
H	6,15	6,28	6,06	6,39	62	6,16
N	14,08	14,13			10	14,11
O	19,53	19,62			12	19,13
Cl^2O^3	11,70	11,17	11,56	12,27	1	11,84.

Hiernach halte ich stets, wenn nicht bewiesen wird, dass diese Versuche unrichtig sind, die Formel für das Protein $C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}$ für unumstösslich. Ich muss nur bemerken, dass hierbei, so wie bei allen in diesem Buch vorkommenden Berechnungen, für C 76,437 zu Grunde gelegt ist, und dass, wenn man für C 75 annimmt, die Zahl der Wasserstoffatome auf 60 statt auf 62 kommt.

Jeder Versuch, das Protein mit Basen zu verbinden, und daraus das Mischungsgewicht abzuleiten, war fruchtlos (vgl. Bulletin 1838, p. 112).

so sehr in der Form und im Vorkommen vom thierischen Fibrin und Casein verschieden, dass sie nicht mit demselben Namen bezeichnet werden können. Wir halten uns also, bis die Identität derselben erwiesen ist, an den Namen *Legumin* für die Substanz, welche aus Erbsen und Bohnen erhalten wird, wenn man dieselben zerreibt, mit warmem Wasser auszieht, filtrirt und die Flüssigkeit mit einer Säure behandelt, und zwar als Niederschlag von weissen Flocken. (Braconnot.)

Pflanzeneiweiss, die Substanz, welche in Wasser löslich, durch Wärme, Weingeist und Säuren aus Pflanzensäften gefällt werden kann, in verdünnten Alkalien aufgelöst und durch Säuren aus denselben gefällt wird, und wenn man den Schwefel und Phosphor unberücksichtigt lässt, sich als Protein bei der Analyse zu erkennen giebt.

Coagulirtes Pflanzeneiweiss, die in Wasser unlösliche Protein-Schwefel-Phosphor-Verbindung der Samen, z. B. der Cerealien, Mandeln u. s. w.

Pflanzenleim, die Substanz, welche aus *Beccaria's* Kleber durch Alkohol ausgezogen werden kann [1]). Die Formel des Pflanzenleims aus Weizen ist:

$$10\ (C^{40}\ H^{62}\ N^{10}\ O^{12})\ S^{2}.$$

So wie es früher bewiesen war, dass der Hauptbestandtheil des thierischen Körpers durch die Pflanzen bereitet würde, und Thierfibrin, Albumin und Casein nur durch kleine Schwefel- und Phosphormengen von einander verschieden sind, und bei

[1]) Verschiedene Getreidearten enthalten verschiedene Mengen der genannten Stoffe. Es folgt hier eine kurze Aufzählung des Stärkmehl-, Eiweiss- und Pflanzenleimgehalts derselben:

	Stärkmehl.	Eiweiss und Pflanzenleim.
Winterweizen .	77	19
Sommerweizen	70	24
Gerste . . .	79	6
Roggen . . .	61	5
Hafer	59	6
Carolina-Reis	85	3,6
Erbsen . . .	33	17,6.

der genannten Behandlung mit Alkalien ebenso wie coagulirtes Pflanzeneiweiss dasselbe Protein geben, so hat *Liebig* später eine ähnliche Uebereinstimmung zwischen Pflanzeneiweiss, coagulirtem Pflanzeneiweiss, Legumin und Pflanzenleim gefunden, welche er aus dem Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffgehalt, der sich bei der Elementaranalyse ergab, ableitete. Durch diese Analysen ist es also näher bestätigt worden, dass diese Stoffe alle Proteinverbindungen sind [1]). Allein es fehlt

[1]) Aus den oben erwähnten Versuchen ging hervor, dass in coagulirtem Pflanzeneiweiss Protein vorkommt. *Liebig* hat später (Ann. der Chem. und Pharm. 1841, Bd. 39, S. 129 und Bd. 40, S. 65) Versuche mit den eiweissähnlichen Pflanzenbestandtheilen mitgetheilt, welche von *Jones* angestellt waren, ohne dass die kleinen Schwefel- und Phosphormengen getrennt worden waren:

Coagulirtes Pflanzeneiweiss:	C	53,83
	H	7,02
	N	15,58
	O	23,56.
Pflanzeneiweiss	C	54,74
	H	7,77 (?)
	N	15,85
	O	21,64.
Pflanzenleim	C	55,22
	H	7,42 (?)
	N	15,98
	O	21,38.

Hierbei sind die Schwefel- und Phosphormengen, mit welchen das Protein, wenn es die drei genannten Stoffe in den Pflanzen bildet, verbunden ist, nicht bestimmt.

Legumin aus einem wässrigen Aufguss von Bohnen durch Schwefelsäure gefällt, und der Niederschlag mit Aether ausgezogen:

C	55,05
H	7,59 (?)
N	15,89
O	21,47.

Später haben *Dumas* und *Cahours* (Ann. de Chim. et de Phys. 1842, Tom. 6, p. 409) diese Analysen wiederholt. Sie sind für Pflanzeneiweiss, Pflanzenleim (Glutin) von denen von *Jones* nicht verschieden, wohl aber für Legumin (vgl. S. 409, 419 und 423). Sie fanden für Legumin aus Bohnen:

noch viel zur genauen Kenntniss dieser vier vegetabilischen Substanzen.

C	50,53	50,46
H	6,91	6,65
N	18,15	18,19
O	24,41	24,70.

Aus zerriebenen, mit kaltem Wasser ausgezogenen Mandeln kann man durch eine Säure eine grosse Quantität einer ähnlichen Substanz fällen. *Dumas* und *Cahours* fanden sie so zusammengesetzt S. 427):

C	50,94	50,93
H	6,72	6,70
N	18,93	18,77
O	23,41	23,60.

Diese Substanz wäre also gleich Legumin. Aus Pflaumen, Aprikosen, Senfsamen u. s. w. erhielten sie dieselbe Substanz. Durch Lab wird sie coagulirt, behält aber dabei ihre unveränderte Zusammensetzung.

Wenn die Versuche von *Dumas* und *Cahours* richtig sind, sind die von *Jones* unrichtig, und das Legumin würde dann nicht zur Reihe der Proteinverbindungen gehören, sondern mit Gelatin übereinstimmen (vergl. unten); allein es lässt sich hierin auf die Genauigkeit von *Dumas* und *Cahours* nicht fest rechnen (Scheik. Onderz. Deel I, p. 553).

Rochleder hat später Protein aus Legumin untersucht (Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. 46, S. 162). Er hat dafür Resultate gefunden, die von dem, was *Jones, Dumas* und *Cahours* für Legumin erhielten, verschieden sind:

C	54,49
H	7,40
N	14,78
OS	23,33.

Nach *Rochleder* stimmt das Legumin gänzlich mit Casein überein, und sie unterscheiden sich nur durch die Reaction der Essigsäure von einander. Diese Analysen sind aber mit aus Legumin bereitetem Protein, nicht mit dem Legumin selbst angestellt. Das Legumin ist nämlich von *Rochleder* mit concentrirtem Kali aufgelöst, filtrirt und mit Essigsäure gefällt worden. Es kann also kein Legumin mehr sein, sondern es muss Protein geworden sein, frei von Schwefel und verunreinigt mit einer Substanz, welche den Stickstoffgehalt und den Kohlenstoff reichlich um ein Procent vermindert. Die Zusammensetzung des Legumins ist also noch unbekannt. Nach *Rochleder* sollte das Legumin eine gewisse Menge einer in Kali und Ammoniak unlöslichen Substanz und ausserdem Schwefel enthalten. Letzteres aber ist wenigstens für Legumin und Erbsen unwahr. Es ist kein freier Schwefel in demselben vorhanden. Hierzu sind noch neue Versuche nöthig.

Pflanzenleim, welcher aus Weizen beim Erkalten aus Alkohol abgeschieden, wieder in Alkohol gelöst, wieder abgeschieden und mit Aether ausgezogen war, gab (Scheik. Onderz. Deel II):

Jedenfalls enthalten die vier genannten vegetabilischen Substanzen Proteinverbindungen, durch welche das Protein in den thierischen Körper unverändert hinübergeführt wird, so dass die Verwandlung, welche diese Stoffe, um thierische Stoffe zu werden, durch die Verdauung erfahren müssen, zunächst in der Auflösung des unlöslichen Pflanzeneiweisses und Pflanzenleims besteht, sodann in der Veränderung der Schwefel- und Phosphormengen, die in den vegetabilischen Proteinverbindungen wahrscheinlich anders sind, als in den thierischen. Von Pflanzenleim ist dies erwiesen.

Es ist für die Kenntniss der genannten vegetabilischen Proteinverbindungen nicht überflüssig, einen Augenblick bei der Kenntniss der Eigenschaften derselben stehen zu bleiben.

Pflanzenleim und coagulirtes Pflanzeneiweiss werden erhalten, wenn man z. B. Weizenmehl unter Wasser knetet, um das Stärkmehl zu entfernen, und wenn dieses gehörig entfernt ist, den Rest mit Alkohol auszieht. Was ungelöst bleibt, ist sogenanntes *coagulirtes Eiweiss*, welches noch Stärkmehl enthält, von welchem es durch Kochen in Wasser befreit werden kann. Ferner enthält es Cellulose. Man kann es also so nicht der Elementaranalyse unterwerfen, oder man erhält Resultate eines Gemenges von Pflanzeneiweiss und von Cellulose. *Jones* (vgl. oben die Note) hat deshalb auch zu wenig Kohlenstoff bei seiner Analyse der so bereiteten Substanz erhalten.

Es bleibt für uns kein anderes Mittel, um Pflanzeneiweiss und Cellulose aus diesem Gemenge zu scheiden, als die Verwandlung von Eiweiss in Protein, d. h. die Entfernung des Schwefels und Phosphors, die in Eiweiss enthalten sind, so dass man diese trennt aus ihrer Verbindung mit Protein zu

	I.	II.	At.	ber.
C	54,93	54,75	400	54,89
H	7,11	6,99	620	6,94
N	15,71	15,71	100	15,90
O	21,68	21,93	120	21,55
S	0,57	0,62	2	0,72.

Pflanzeneiweiss. Dies geschieht durch Kali; eine verdünnte Lauge löst aus dem genannten Gemenge Protein auf, oxydirt den Phosphor, bildet aus dem Schwefel Schwefelkalium und lässt die Cellulose ungelöst. Fügt man zu der klaren Auflösung eine schwache Säure, so fällt man das Protein.

Es ist keine Methode bekannt, um reines coagulirtes Pflanzeneiweiss zu erhalten. In allen Samen, in welchen es vorkommt, ist es mit Cellulose verbunden, für welche kein Lösungsmittel, welches das Pflanzeneiweiss zurückliesse, bekannt ist, und wenn man das Pflanzeneiweiss mit Zurücklassung der Cellulose auflöst, so ist das Eiweiss in Protein verwandelt.

Reines sogenanntes coagulirtes Pflanzeneiweiss kennen wir also nicht; wir wissen nicht, wie gross die mit dem Protein verbundene Menge des Schwefels und Phosphors ist.

Die Eigenschaften der durch Kali aufgelösten Substanz sind genau dieselben, wie die des thierischen Proteins, welches man erhält, wenn man Käse, Fibrin, Hühnereiweiss oder das Eiweiss von Blutserum durch verdünnte Kalilauge auflöst. Mineralsäuren fällen aus dieser Lösung das Protein und entwickeln etwas Schwefelwasserstoff.

In den Eigenschaften, durch Kali und Essigsäure gelöst zu werden, stimmen alle Proteinverbindungen mit dem genannten Pflanzeneiweiss, welches wir coagulirtes Pflanzeneiweiss genannt haben, überein. Man findet diese Eigenschaften genau angegeben im Lehrbuch von *Berzelius*, in den Artikeln: Pflanzeneiweiss, Pflanzenleim, thierisches Eiweiss, Fibrin, Casein u. s. w.

Was von den Stoffen, die nach dem Auskneten des Weizenmehls in Wasser zurückbleiben, in Alkohol löslich ist, ist *Pflanzenleim* genannt worden. Er wird beim Erkalten des Alkohols, wenn er mit Wasser vermengt und destillirt wird, in weissen Flocken gefällt, während ein anderer Theil mit Gummi verbunden, in dem verdünnten Alkohol, selbst wenn dieser mit vielem Wasser verdünnt ist, gelöst bleibt. Im feuchten Zustande ist er zusammenhängend, klebrig, elastisch, und im trocknen eine halbdurchscheinende, sehr harte, schwer zu zerreibende,

in Wasser unlösliche Substanz, welche wieder alle Eigenschaften mit den Proteinverbindungen des Schwefels theilt.

Es ist wahrscheinlich, dass diese Verbindung kein reiner chemischer Körper ist; wenigstens bleibt, wenn man den erhaltenen Pflanzenleim mit Essigsäure übergiesst, wobei sich fast Alles auflöst, eine kleine Menge einer in Essigsäure unlöslichen Substanz zurück, welche die Flüssigkeit trübt, und durch Filtriren nicht ausgeschieden werden kann.

Unsere Kenntniss der wahren Natur des Pflanzenleims ist deshalb noch unvollkommen, wenn wir auch schon wissen, dass es eine Schwefelproteinverbindung ist.

Das *Pflanzeneiweiss* kommt in den Pflanzen mit ähnlichen Eigenschaften vor, wie man das thierische Eiweiss im Blutserum, in Eiern und einer Reihe anderer Körper findet. Jeder frische Pflanzensaft giebt es bei der Erwärmung als ein Coagulum. In dieser Form wird es vorzugsweise in den Pflanzen bereitet, und aus dieser entstehen zweifelsohne die anderen Proteinverbindungen in den Pflanzen, z. B. das coagulirte Eiweiss. Aus den Pflanzensäften durch die Wärme coagulirt, enthält es Chlorophyll und andere Stoffe.

Aus Weizenmehl erhält man es rein, wenn man das Wasser, mit welchem das Mehl ausgeknetet ist, und aus welchem sich das Stärkmehl abgesetzt hat, erwärmt. Es wird dann Eiweiss aus der Flüssigkeit coagulirt, welches mit Wasser und Alkohol ausgekocht reines Pflanzeneiweiss ist. Die Bestandtheile desselben sind, wenn man den Schwefel und Phosphor, die nicht bestimmt sind, unberücksichtigt lässt, genau wie die des thierischen Eiweisses [1]).

Das *Legumin* ist eine dem Gluten nahestehende Substanz, welche besonders aus Bohnen und Erbsen erhalten wird. Wenn

[1]) *Adriani*, in Scheik. Onderz. Deel I, p. 56.

C	54,78
H	7,34
N	16,01
O	21,87.

man das Mehl derselben in Wasser einweicht, so löst man das Legumin auf, und es kann durch eine Säure aus demselben gefällt werden. Die Flüssigkeit, in welcher es aufgelöst ist, reagirt sauer; wenn es von dieser befreit wird, ist es in Wasser unlöslich. In Ammoniak aufgelöst und aus demselben wieder durch eine Säure gefällt, darauf mit Alkohol ausgezogen, ist es rein und eine Proteinverbindung, allein man weiss nicht, welche.

In Mandeln findet man eine dem Legumin gleiche Substanz, die aber, auf dieselbe Weise bereitet, abweichende Resultate gegeben hat. In Mandeln ist ausserdem Synaptas enthalten, dessen Zusammensetzung nicht die einer Proteinverbindung ist [1]).

Aus der angeführten kurzen Aufzählung der vier bisher bekannten Proteinverbindungen der Pflanzen folgt, dass es zwei giebt, die in kaltem Wasser löslich sind: Eiweiss und Legumin; dass die erstere wohl, die letztere aber nicht durch Erwärmung der Flüssigkeit aus derselben coagulirt wird; dass zwei andere in denselben gefunden werden, welche in Wasser unlöslich sind: das sogenannte coagulirte Eiweiss und der Pflanzenleim, welcher letztere in Alkohol gelöst wird.

Aehnliche Stoffe findet man auch im thierischen Körper, welche unter einander durch kleine Beimengungen und Verbindungen verschieden sind. So wie das Legumin und der Pflanzenleim vom Pflanzenalbumin verschieden sind, so ist auch das Casein vom thierischen Albumin verschieden. Es besteht zwischen diesen Stoffen nur eine Annäherung in den Eigenschaften und in der Zusammensetzung, und wir kennen ihre wirkliche Zusammensetzung nicht, so lange uns jene kleinen Beimengungen unbekannt sind.

[1]) *Richardson* und *Thomson* haben ein unreines Synaptas, welches *Emulsin* genannt wurde, analysirt und dafür gefunden:

C	49,025	48,555
H	7,788	7,677
N	18,910	18,742
O	24,277	25,026.

Liebig, organische Chemie.

Die bekannten Proteinverbindungen des thierischen Körpers sind zunächst folgende:

Der Faserstoff des Bluts hat die Formel:

$$10\ (C^{40}\ H^{62}\ N^{10}\ O^{12}) + S\ P.$$

Das Eiweiss des Blutserums:

$$10\ (C^{40}\ H^{62}\ N^{10}\ O^{12}) + S^{2}\ P.$$

Das Eiweiss von Hühnereiern hat die Zusammensetzung des Fibrins.

Der Käsestoff aus Kuhmilch:

$$10\ (C^{40}\ H^{62}\ N^{10}\ O^{12}) + S.$$

Die Substanz, welche die Hauptmasse der Kristallinse des Auges ausmacht:

$$15\ (C^{40}\ H^{62}\ N^{10}\ O^{12}) + S\ ^{1}).$$

¹) Folgende Versuche sind von mir im Jahr 1838 angestellt worden (Bulletin 1838, p. 108):

	Fibrin von Ochsenblut.	Albumin aus Eiern.	At.	ber.
C	54,56	54,48	400	54,90
H	6,90	7,01	620	6,95
N	15,72	15,70	100	15,89
O	22,13	22,00	120	21,55
P	0,33	0,43	1	0,35
S	0,36	0,38	1	0,36.

	Albumin von Blutserum.	At.	ber.
C	54,84	400	54,70
H	7,09	620	6,92
N	15,83	100	15,84
O	21,23	120	21,47
P	0,33	1	0,35
S	0,68	2	0,72.

Käsestoff aus Kuhmilch (Bulletin 1839, p. 9).

	gef.	At.	ber.
C	54,96	400	55,10
H	7,15	620	6,97
N	15,80	100	15,95
O	21,73	120	21,62
S	0,36	1	0,36.

Dies sind die Proteinverbindungen des Körpers, welche man kennt. Man weiss aber ausserdem bestimmt, dass die Mus-

Die Substanz der Kristallinse (Bulletin 1839, p. 195).

C	55,39
H	6,94
N	16,51
O	20,91
S	0,25.

Sie giebt mit Schwefelsäure eine Schwefelproteinsäure, welche 8,63% SO^3 giebt, und also wieder 1 Aeq. SO^3 auf $C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}$.

Aus Austern wurde Protein dargestellt, indem sie mit Wasser und Alkohol ausgezogen, in Essigsäure aufgelöst und mit Ammoniak gefällt wurden (Bulletin 1839, p. 14):

C	54,87
H	7,10
N	15,89
O	22,14.

Aus Seide endlich ist nach Entfernung des Gelatins (Leims) durch Auskochen in Wasser Eiweiss abgesondert worden, welches zusammengesetzt war aus (Natuur- en Scheik. Archief, Deel IV, p. 287):

C	54,01
H	7,27
N	15,46
O	23,26.

Scherer (Ann. der Chem. und Pharm., Bd. XL, S. 1) hat später viele dieser Stoffe analysirt; das Resultat seiner Versuche stimmt vollkommen überein. Die von *Dumas* (Ann. de Chim. et de Phys., Tom. VI, 1842, p. 385) übergehe ich mit Stillschweigen, weil diese den Stempel der Genauigkeit nicht an sich tragen.

Eidotter durch Aether von fettem Oel befreit, hat *Jones* eine andere Zusammensetzung gegeben (l. c. S. 68), ebenso *Dumas* und *Cahours* (l. c. p. 423):

	Jones	(C 76,437)	*Dumas* und *Cahours*	(C 75)
C	53,72	53,45	51,89	51,31
H	7,55	7,66	7,07	7,37
N	13,60	13,34	15,02	15,03
O	25,13	25,55	26,02	26,29.

Es scheint in jedem Falle unreines Eiweiss gewesen zu sein, das der Untersuchung unterworfen wurde.

Bei dieser Verschiedenheit in den Versuchen, besonders bei dem niedrigeren Stickstoffgehalt nach den Versuchen von *Jones*, waren wiederholte Analysen des Vitellins nöthig. *Von Baumhauer* hat diese angestellt. Hart

kelfasern eine Proteinverbindung sind; dass im Gehirn, in der Leber, in den Nieren und vielen anderen Organen Proteinverbindungen in der Form von Eiweiss angetroffen werden; dass in dem Blutserum eine Proteinverbindung enthalten ist; dass eine ähnliche in den Hörnern, Nägeln, in der Epidermis und den Haaren vorkommt; dass Austern fast ganz aus Proteinverbindungen bestehen; dass Seide und der fliegende Sommer eine Proteinverbindung enthalten. Was für Proteinverbindungen dies aber sind, ist ebenso unbekannt, wie dies für Pflanzeneiweiss, Legumin und coagulirtes Pflanzeneiweiss der Fall ist. Die Wissenschaft hat diese Lücken noch auszufüllen. Sehr kleine Mengen von Schwefel, Phosphor und vielleicht von noch anderen Körpern können die physikalischen und einige chemische Verschiedenheiten bedingen, welche wir an allen den aufgezählten Körpern beobachten. Wir halten alle diese Stoffe nicht für identisch, wenn sie auch bei der Analyse fast dieselbe procentische Zusam-

gekochte Eidotter wurden mit Aether und Alkohol ausgezogen. Bei 120° getrocknet, gaben sie:

O	52,99	52,95
H	6,93	6,92.

Ein Theil der so analysirten Substanz wurde in Essigsäure aufgelöst, die Flüssigkeit klar filtrirt und mit kohlensaurem Ammoniak praecipitirt; das Praecipitat wurde mit Alkohol und Aether ausgezogen. Bei 120° getrocknet, gab es bei der Analyse:

	Erste Bereitung.	Zweite Bereitung.	
C	53,23	53,56	53,61
H	7,03	7,12	7,29
N	15,97	16,09	16,04.
O	23,25	22,75	
S	0,52	0,48.	

Wir werden weiter unten sehen, dass die Substanz, aus welcher das Vitellin besteht, ein Sulphuretum von Proteinbioxyd ist:

$$C^{40} H^{62} N^{10} O^{14}.$$

Nach der letzten Bereitungsweise, welche von Cellulose befreites Vitellin liefert, — was bei den hart gekochten Eidottern nicht der Fall sein kann — scheint noch etwas Ammoniak anzuhängen; der Wasserstoff- und Stickstoffgehalt ist wenigstens etwas zu hoch ausgefallen (Scheik. Onderz. Deel II).

mensetzung geben, ebenso wenig wie wir Gummi und Amylum, welche dieselbe procentische Zusammensetzung haben, für dieselben Stoffe halten; ja mehr noch: bei vielen haben wir einen Unterschied in der Schwefel- und Phosphor-Menge durch die Erfahrung kennen gelernt, und wir müssen also die meisten der angegebenen für chemisch wesentlich verschieden halten. Sie besitzen aber alle ohne Unterschied dieselbe organische Verbindung als Hauptbestandtheil, welcher Bestandtheil in allen praeexistirt und also Veranlassung giebt, dass der eine leicht in den anderen übergeht.

Es ist sehr wichtig, dies zu bemerken, weil die Natur, indem sie zu einer und derselben Grundsubstanz kleine Beimengungen setzt, oder von derselben trennt, viele scheinbar sehr ungleichartige Körper bildet. Wir sehen hierin eine höchst bemerkenswerthe Einfachheit, finden aber doch hier in einer chemischen Verschiedenheit, wenn auch die Quantitäten klein sind, die Ursache der Verschiedenheit in der Natur und den Eigenschaften der Körper. Es ist also keineswegs Polymorphismus, der die Verschiedenheit in den genannten Proteinverbindungen erzeugt, sondern eine wesentliche chemische Verschiedenheit in der Mischung, und es bleibt also immer noch die Aufgabe, welche nur durch sehr langwierige und sorgfältig angestellte Analysen gelöst werden kann, anzugeben, wodurch alle diese verschiedenen Proteinverbindungen, und wie sie unter einander verschieden sind. Die Wissenschaft hat nicht bloss zu ermitteln, dass eine Proteinverbindung im Grase vorkommt, und dass die Wiederkäuer daher die Proteinverbindung bekommen, die sie täglich in grosser Menge in der Milch abgeben, sondern es muss gezeigt werden, ob diese Proteinverbindung im Grase ebenso wie in der Milch, wohl Schwefel und keinen Phosphor enthält; ob die Quantitäten der Beimengungen verschieden sind oder nicht, und wenn sie es sind, auf welche Weise diese Unterschiede im Thierkörper erzeugt werden. So wie nämlich der Käsestoff und das Eiweiss unter einander in der That sehr verschieden sind, so interessant es ist, diesen Unterschied zu ken-

nen, so nöthig ist es, zu zeigen, wodurch dieser Unterschied gebildet wird. Da die Thatsache, dass die Pflanzen das Protein für die Thiere bereiten, einmal bekannt und festgesetzt ist, so gehören diese Fragen zu den ersten, welche die Wissenschaft zu lösen hat.

Ich rede hier absichtlich mit Nachdruck, weil ich nicht glaube, dass diese kleinen Beimengungen von Schwefel und Phosphor gleichgültige Beimengungen sind, sondern dass im Gegentheil diese Stoffe eine wichtige Rolle im Organismus spielen, wenn sie auch nur Bruchtheile von Procenten betragen. Nicht durch die Menge der verbundenen Stoffe wird die Bedeutung jener Unterschiede bedingt, sondern nur durch die Gegenwart oder Abwesenheit anderer Körper. Arsenikwasserstoff, $H^6 As^2$, eins der gefährlichsten Gase, enthält auf 98,05 Arsenik nur 1,95 Wasserstoff. Dadurch ist dieses Gas kein Arsenikmetall, und dadurch zeigt es sich so eigenthümlich.

Die Art und Weise, in der dieser Schwefel und Phosphor mit Protein in den genannten Verbindungen verbunden sind, ist noch nicht bekannt. Nur das ist bekannt, dass diese Verbindungen constant sind. Es ist also wahr, dass entweder in den genannten Verbindungen, z. B. im Fibrin mit 20 Atomen Protein eine kleine Beimengung einer Substanz verbunden ist, in welcher 1 Aeq. Phosphor und 2 Aeq. Schwefel enthalten sind, eine Substanz, deren Gegenwart bei der Elementaranalyse des Fibrins entgeht, oder dass wirklich P S mit 10 At. Protein verbunden sind. Beide Vorstellungen geben eine gleich grosse Abweichung von dem, was wir bei den meisten anorganischen Verbindungen gewohnt sind zu sehen, und wir sind also berechtigt, die einfachste der beiden für jetzt noch als wahr zu betrachten, d. h. also, dass wirklich P S mit 10 Protein verbunden sind. Diese Thatsache steht indess nicht vereinzelt da, denn 1 Aeq. Alaun enthält 24 Aeq. Kristallisationswasser.

Es kann hier für den Augenblick nicht die Frage sein, ob das Protein als solches mit P S verbunden ist, oder aber ob die Bestandtheile desselben vertheilt P und S aufnehmen; Protein

ist ebenso wie das Amygdalin ein complexer Stoff, der aus verschiedenen anderen besteht, und eine solche Vertheilung von P und S an die Bestandtheile desselben ist also wahrscheinlich; allein es steht zuerst fest, dass Protein ohne Phosphor und Schwefel bestehen kann, andererseits, dass Verbindungen vorkommen, in welchen 10 At. Protein mit PS, andere mit PS^2, und wieder andere, in welchen 10 und 15 At. Protein mit S verbunden sind. Die bis jetzt bekannten sind nämlich folgende:

Kristallin	15	Protein	+ S
Casein	10	„	+ S
Pflanzenleim	10	„	+ S^2
Fibrin	10	„	+ S P
Albumin von Hühnereiern . .	10	„	+ S P
Albumin von Blutserum . .	10	„	+ S^2P.

Die Verbindungen, welche Protein-Schwefel-Phosphor oder Protein-Schwefel mit Säuren, Basen, Salzen, oder welche das Protein mit dem Sauerstoff eingehen kann, sind interessant. Von den letzteren sind zwei bekannt: die eine ist aus Protein-Chlorid unter Einwirkung von Ammoniak bereitet, wodurch Salmiak und zugleich eine Substanz, welche Proteintrioxyd heisst, gebildet wird. Sie wird auch durch Kochen von Fibrin und Albumin in Wasser erhalten, und ist ein Hauptbestandtheil der Entzündungskrusten. Im Blute wird sie stets in einer kleinen Menge gefunden und wird in den Lungen bereitet. Sie ist $C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{15}$. Die zweite wird aus Haaren erhalten, wenn man dieselben in Kali auflöst und durch eine Säure fällt. Das erste Praecipitat, welches man hierbei erhält, ist Protein, das zweite Proteinbioxyd;

$$C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{14}.$$

Der Schwefel der Haare = 2 Aeq., verbindet sich mit dem Kalium der Kalilösung, in welcher man die Haare digerirt und macht ebensoviel Sauerstoff frei, der sich mit Protein verbindet, und O^{12} zu O^{14} erhebt, während alle andere Elemente unverändert bleiben; wenn das Proteinbioxyd aus der alkalischen Schwefellösung gefällt wird, so wird unter Wasserzersetzung Schwe-

felwasserstoff ausgetrieben; H^4 verbindet sich mit S^2 und O^2 mit K^2, so dass aus 2 (K S) und 2 (H^2O) 2 (H^2S) und 2 (KO) gebildet werden. (Vgl. unten.)

Diese Sauerstoffverbindungen des Proteins sind interessante Körper. Sie können im thierischen Körper wechselsweise gebildet und zersetzt werden. *Scherer* [1]) hat gesehen, dass feuchtes Fibrin, dem Sauerstoff ausgesetzt, mehr Sauerstoff absorbirte, als es Kohlensäure entwickelte. Es war also möglich, dass hierbei eine Oxydation des Proteins vor sich ging. Dies ist neuerdings bestätigt worden. In Wasser gekochtes Fibrin lässt Proteinbioxyd gelöst und tritt an das Wasser Proteinbioxyd ab. (Vgl. unten.)

Das Proteinchlorid, welches unter Wasserzersetzung aus Eiweiss u. s. w. erhalten wird, wenn man durch die Flüssigkeit Chlor leitet ($C^{40}\ H^{62}\ N^{10}\ O^{12} + Cl^2\ O^3$), hat eine so constante Zusammensetzung, dass aus derselben das Mischungsgewicht des Proteins genau abgeleitet werden kann; es steht durchaus mit der Proteinschwefelsäure im Einklange. Im Körper kommt diese Verbindung nicht vor, es ist aber wichtig, dieselbe zu kennen für die Kunst zu bleichen, wenn man thierische Stoffe durch Chlor desinficirt, bei der Anwendung von Chlor in der Heilkunde, u. s. w. Dass dieses Chlorid wirklich Proteinchlorid und kein Chlorid von Proteintrioxyd ist, erhellt aus einer analogen Leimverbindung.

Besonders ausgezeichnet sind die Verbindungen des Proteinschwefelphosphors (Fibrin, Albumin) und Proteinschwefels (Casein) mit Alkalien, Säuren und Salzen. In verdünnten Alkalien ist das Protein löslich. Das Blutserum nun ist stets schwach alkalisch, es ist eine Verbindung von Protein (mit Schwefel und Phosphor) und Natron, und enthält also Proteinschwefelphosphor gelöst. Auf dieser Eigenschaft beruht es, dass das Blut flüssig bleibt, und sie ist also eine der ersten Bedingungen des Lebens der Thiere. Wenn eine verdünnte alkalische Lösung

[1]) Ann. der Chem. und Pharm., Bd. XL. S. 13.

von Protein mit einer Säure neutralisirt wird, so nimmt die Löslichkeit des Proteinschwefelphosphors sehr ab, was also die medicinische Wirkung einiger Säuren erklären kann. Diese Säuren sind besonders Schwefelsäure und Phosphorsäure, zwei Säuren, von denen es bekannt ist, dass sie blutstillend sind, während der Essigsäure, welche das Protein leicht auflöst, diese Eigenschaft auch deshalb abgeht. Die sehr verdünnte Salzsäure und die Essigsäure lösen das Fibrin sehr leicht auf; die eine kommt im Magensafte vor, die andere hilft das Fleisch zertheilen (maakt het vleesch kort) wie es heisst, und dient dazu, die Verdauung zu unterstützen. Feste Proteinverbindungen, wie Fibrin und Albumin, werden, wenn sie eine Zeit lang in äusserst verdünnter Salzsäure (½ Tausendtel) aufbewahrt werden, vollkommen aufgelöst, ohne dass eine andere Substanz hinzuzukommen braucht. Durch diese Eigenschaft wird der Nutzen der freien Salzsäure des Magensafts in hohem Grade erläutert (BOUCHARDAT) [1]).

Endlich können viele *Säuren mit Proteinschwefel*phosphor chemische Verbindungen eingehen, z. B. die Schwefelsäure und Salzsäure, beide in grösserer Menge, und bilden so unter gewissen Verhältnissen weniger lösliche Verbindungen, weshalb sie in Faulfiebern, Scorbut u. s. w. mächtige Heilmittel sind. Diese Verbindungen sind:

$$(C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12}) + SO^3$$
$$2\,(C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12}) + 2\,H^2O + SO^3$$
$$2\,(C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12}) + 2\,H^2O + H^2Cl^2$$ [2]).

[1]) Vgl. Scheik. Onderz. Deel I, S. 576.

[2]) Bulletin 1839, p. 2.

Biproteinschwefelsäure.

	gef.	At.	ber.
C	51,61	80	51,87
H	6,75	128	6,78
N		20	15,02
O		26	22,06
SO^3	4,17	1	4,25.

Hruchauer hat gezeigt, dass diese beiden letzteren Verbindungen, wenn sie sechs Wochen unter Wasser stehen, die Säure gänzlich verlieren, wenn sie nicht aus coagulirtem, sondern aus uncoagulirtem Eiweiss bereitet sind [1]).

Endlich kann Proteinschwefelphosphor mit einigen basischen Salzen verbunden werden. Diese Verbindung, welche im Casein vorkommt, ist besonders merkwürdig; dieses enthält den phosphorsauren Kalk der Knochen $3\ P^2\ O^5 + 8\ CaO$, ein Salz, das wahrscheinlich (jedenfalls ein phosphorsaures Kalksalz) auch in Fibrin und Albumin vorkommt und aus diesen den Knochen zugeführt wird; im Casein (also in der Milch) ist es in grösserer Menge vorhanden, und dient so dazu, den zarten Knochen der jungen Individuen in kurzer Zeit viel Knochensubstanz zuzuführen. Metallsalze und Metalloxyde, welche als Heilmittel oder Gifte in den Körper geführt werden, können sich ebenso mit den Proteinkörpern verbinden, und viele Verbindungen von Protein (mit Schwefel und Phosphor) bilden, welche sich im Körper nothwendig auf eine eigenthümliche Weise verhalten müssen. Die meisten dieser Verbindungen sind unlöslich, und wirken also der unaufhörlichen chemischen Umsetzung der Stoffe im Organismus entgegen, wodurch eigenthümliche Zustände des Körpers erzeugt werden, welche, wenn sie in einem hohen Grade erweckt werden, dem Leben nachtheilig sind. Deshalb — wenn auch nicht bloss deshalb — sind Silber-, Blei-, Quecksilber-, Kupfersalze u. s. w. Gifte, wenn sie in grösserer Menge in den Körper eingeführt werden.

Biproteinsalzsäure.

	gef.	At.	ber.
C	51,49	80	52,09
H	6,80	128	6,81
N		20	15,08
O		26	22,14
H^2Cl^2	3,80	1	3,88.

Beide sind bereitet durch Auflösung von coagulirtem Eiweiss in Essigsäure, indem man zu der Lösung Schwefelsäure oder Salzsäure setzte, und den Niederschlag mit Weingeist auswusch.

[1]) Ann. der Chem. und Pharm., Bd. XLVI, S. 348.

Das Protein ist eine complexe Substanz, d. h. es besteht aus einigen zu einem Ganzen verbundenen heterogenen organischen Körpern. Unter dem Einflusse starker Reagentien entstehen denn auch verschiedene Substanzen aus demselben.

Wenn irgend eine Proteinverbindung mit einem Alkali in Berührung kommt, so entwickelt sich auf der Stelle Ammoniak. Man kann die alkalische Lauge kaum schwach genug bereiten, um keine Entwicklung von Ammoniak zu erhalten. Wenn man Fibrin oder coagulirtes Eiweiss in einer verdünnten Kalilauge auflöst, bemerkt man stets eine Ammoniakentwicklung. Diese Eigenschaft ist wegen des Alkaligehalts des Bluts von der höchsten Wichtigkeit. Durch diese Thatsache wird eine Haupteigenschaft des Proteins im thierischen Körper erklärt, nämlich dass es sich in einem Zustande fortwährender Zersetzung befindet.

Wenn Eiweiss oder irgend eine andere Proteinverbindung mit Kali gekocht wird, so wird sie gänzlich zersetzt. Die Produkte dieser Zersetzung sind gewiss nicht alle Bestandtheile des Proteins, allein es giebt unzweifelhaft einige darunter, welche für Bestandtheile des Proteins gehalten werden müssen: es sind die folgenden:

			C	H	N	O
2	Aeq.	Leucin	24	48	4	8
2	„	Protid	26	36	4	8
2	„	Erythroprotid .	26	32	4	10
4	„	Ammoniak . .		24	8	
2	„	Kohlensäure .	2			4
1	„	Ameisensäure	2	2		3
2	„	Protein + 9 aq. =	C^{80}	H^{142}	N^{20}	O^{33}.

Das Leucin ist eine kristallinische Substanz, welche auch aus Leim erhalten wird, und welche also einen Zusammenhang kund giebt zwischen der Zusammensetzung des Proteins und der leimgebenden Gewebe [1]). Unter sehr verschiedenen Umstän-

[1]) Bulletin 1838, p. 145.

Die Zusammensetzung des Leucins ist:

den wird es mit oder ohne Leimzucker aus Fibrin, Albumin, Casein, Leim erhalten; aus faulendem Käse z. B., und wenn man Eiweiss, Fibrin, Casein mit Kali kocht, erhält man bloss Leucin; Leimzucker erhält man, wenn man Leim mit Schwefelsäure behandelt, und ein Gemenge von Leimzucker und Leucin, wenn man Fleisch mit Schwefelsäure oder Kali, oder Leim mit Kali behandelt. Leucin und Leimzucker [1]) sind also hinsichtlich ihrer Entstehung nahe verwandte Stoffe; Leucin ist als ein integrirender Theil des Proteins zu betrachten.

Die zwei anderen Körper, Protid und Erythroprotid, sind extractähnliche Stoffe (der zweite derselben ist roth gefärbt), die mit dem Leim nahe verwandt sind [2]).

Von den anderen drei Zersetzungsprodukten des mit Kali behandelten Proteins verbinden sich die Säuren, die Kohlensäure und die Ameisensäure, mit dem Kali, während das Ammoniak entweicht.

So lange nicht nachgewiesen ist, ob Leucin im thierischen Körper vorkommt, oder aber dass dieses bei irgend einer Secretion verbraucht wird, lässt sich von dieser Zersetzung des

			At.	ber.
C	55,64	55,53	12	55,79
H	9,30	9,22	24	9,11
N	10,51	10,51	2	10,77
O	24,55	24,74	4	24,33.

[1]) Vgl. die Note auf S. 239.

[2]) Bulletin 1838, p. 167.

Protid.

	gef.	At.	ber.
C	59,20	13	59,04
H	6,62	18	6,67
N	10,56	2	10,52
O	23,62	4	23,77.

Erythroprotid:

	gef.	At.	ber.
C	56,63	13	56,12
H	5,93	16	5,64
N	10,23	2	10,00
O	27,21	5	28,24.

Proteins durch Alkalien auf den lebenden Organismus keine Anwendung machen. Allein die Analogie zwischen den zwei extractartigen Substanzen und dem Leim verdient eine besondere Aufmerksamkeit, und lehrt uns mit Wahrscheinlichkeit, dass, wenn thierisches Zellgewebe aus Protein entsteht, dieses bei einer ähnlichen Umsetzung geschieht, wie das Protein unter der Einwirkung von Alkalien erfährt. Beim thierischen Zellgewebe kommen wir hierauf näher zurück.

Wir haben jetzt noch zu verfolgen, in welcher Form das Protein im Thierkörper vorkommt. Es wird von den Pflanzen stets in Verbindung mit Schwefel und Phosphor, oder mit diesen und phosphorsaurem Kalk den Thieren dargeboten, aber die pflanzliche Nahrung wie die thierische ist niemals reines Protein. Es ist recht sehr zu bedauern, dass wir fast gar nichts wissen über die Menge Schwefel und Phosphor, welche in vegetabilischen Proteinverbindungen vorkommen. So lange diese Unwissenheit fortbesteht, lässt sich nichts Bestimmtes aussagen über die Bildung der thierischen Proteinverbindungen aus den vegetabilischen, ausser diesem, dass das Protein der Pflanzennahrung unverändert in den thierischen Körper übergeht. Allein die Bildung des Albumins des Blutserums, des Fibrins, des Caseins u. s. w., aller Proteinverbindungen, welche wahrscheinlich nicht so in den Pflanzen vorkommen, verdient demnach eine nähere Beleuchtung.

Im thierischen Körper kennen wir Proteinverbindungen in verschiedenen Formen: zunächst in Verbindung mit Schwefel, mit Schwefel und Phosphor, mit Schwefel, Phosphor und Alkalien, mit Schwefel und phosphorsaurem Kalk, endlich mit Sauerstoff.

Im gelösten Zustande kommt im Blutserum eine Schwefelphosphor-Proteinverbindung vor, die sehr viele Eigenschaften mit Pflanzeneiweiss und mit dem Eiweiss der Vögeleier theilt. Besonders in dieser Form kommt das Protein häufig im Thierkörper vor. Man nennt diese Verbindung Eiweiss. Man analysirt kein Organ, keine Flüssigkeit, welche nicht zu den Secreten gehört, ohne dass diese in denselben vorkäme. Knetet man

z. B. ein fein zerschnittenes Organ, eine Leber, Niere, Lunge, mit Wasser aus, so hat man durch die Wärme coagulirtes Eiweiss. In der Flüssigkeit der Lymphgefässe, im ausgeschwitzten Serum, im Chylus, im Eiter findet man es. Ob nun in allen diesen Eiweissarten 10 (C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}) + P S^2 vorkommt, ist jetzt noch unbekannt; es ist nicht einmal wahrscheinlich, dass sich dies so verhalte.

Im Gehirn, im Rückenmark, in den Nerven findet man eine grosse Menge einer ähnlichen Substanz wie das Eiweiss; indess ist diese theilweise fester, so dass sie, insoweit sie in kaltem Wasser nicht so leicht löslich ist, mehr mit dem festen Eiweiss der ölhaltigen Samen übereinzustimmen scheint. Wenn man Gehirnsubstanz mit Wasser abreibt, so erhält man gerade so eine Emulsion, wie von ölhaltigen Samen. Auch die Zusammensetzung dieser Hirnproteinverbindung kennt man noch nicht. Sie alle mit dem Namen Eiweiss zu bezeichnen, mag so lange hinreichen, bis man sie besser als jetzt wird kennen gelernt haben.

Kleine Unterschiede im Schwefel- oder Phosphorgehalt bestimmen einen grossen Unterschied in der Proteinverbindung. So sehr also die soeben genannten durch die Wärme coagulirbaren eiweissartigen Substanzen dadurch verschieden sein können, und also nicht für dieselbe Substanz zu halten sind, so verschieden sind dadurch wirklich das Fibrin und Casein vom Eiweiss des Blutserums.

In der Milch kommt neben Fetten eine phosphorfreie Proteinverbindung des Schwefels vor. Dieselbe ist Casein, welches durch seine Fähigkeit, durch Lab, Säuren, besonders Milchsäure, aus der Lösung in Wasser gefällt zu werden, ausgezeichnet ist.

Man hat Casein in vielen anderen thierischen Flüssigkeiten gefunden: in Speichel, in der Galle, im pankreatischen Safte, in der Kristalllinse, im Eiter und Tuberkelstoff und, was das Wichtigste ist, im Blut. Da indess alle diese Angaben nur auf der Erforschung der Eigenschaften beruhen und keineswegs auf Analysen, so ist diese Sache nicht als ausgemacht zu betrachten. Es würde indess nicht auffallend sein, wenn es wirk-

lich im Blute vorkäme. Aus dem Eiweiss des Blutserums, oder aus dem Faserstoff, entsteht es nämlich leicht, wenn der Phosphor zurückgehalten wird. Die Ausscheidung von Casein aus dem Blute bei der Milchbildung beschränkt sich also darauf, dass der Phosphor zurückgehalten wird.

Ebenso verhält es sich mit der Bildung des Kristallins, in welchem ebenfalls kein Phosphor und weniger Schwefel als im Faserstoff vorkommt, viel weniger als im Eiweiss des Blutserums. Alle diese Substanzen und vielleicht die ganze Reihe der eiweissähnlichen Körper im Gehirn, in der Leber, in den Nieren u. s. w. entstehen durch eine sehr geringe Umsetzung der Schwefel- und Phosphormengen, aus dem Eiweiss oder Faserstoff des Bluts.

Ueber den Faserstoff des Bluts ist zunächst zu bemerken, dass er als solcher nicht im Blut, sondern wohl ausserhalb desselben vorkommt. Er bildet die Muskelfasern, Fasern, deren chemische Zusammensetznng zwar als eine Proteinverbindung bekannt ist, über welche wir aber noch nicht ganz im Klaren sind. Die Eigenschaften derselben, welche mit denen des Faserstoffs des Bluts übereinstimmen, lassen uns vermuthen, dass sie mit denselben chemisch identisch sind.

Wir wissen, dass dieser Faserstoff des Bluts sich beim Gerinnen bildet. Nach diesem Gerinnen findet man fadenziehende Körperchen im Blut, welche vor der Zeit nicht in demselben gefunden wurden. Man sagt, dass der Faserstoff im Blut *gelöst* sei. Es ist indess in hohem Grade unwahrscheinlich, dass man dies buchstäblich zu nehmen habe. Der Faserstoff scheint vielmehr in einem halbflüssigen Zustande im Blut vorzukommen.

Da wir hierauf später bei der Behandlung des Bluts zurückkommen, sei es hier genug, wenn wir bemerken, dass das Fibrin keineswegs in Fäden im Blut vorkommt, sondern beim Gerinnen zu einer Gallerte wird, welche beim Auswaschen des Bluts sich zu Fäden an einander reiht, und dass es schon deshalb unwahrscheinlich ist, dass der Faserstoff im Blute gelöst sein sollte. Die Theilchen desselben müssen in dem den

Körper durchströmenden Blut gänzlich vom gelösten Eiweiss isolirt, d. h. durch ein Aeq. Schwefel auf 10 Aeq. Protein verschieden sein.

Es kommt im Blut noch eine dritte Proteinverbindung vor, die, welche die Zellmembran der Blutkörperchen bildet. Sie heisst aus diesem Grunde *Globulin*. *Simon* hält dieselbe für Käsestoff. Dass es eine Proteinverbindung ist, lässt sich nicht bestreiten[1]; aber was für eine, ist bis jetzt nicht bekannt. Ebenso wenig weiss man, welche Substanz sich im Kern der Blutkörperchen findet, und welche Flüssigkeit mit dem Farbstoff in der Hülle eingeschlossen ist.

Alle diese Proteinverbindungen des thierischen Körpers enthalten phosphorsauren Kalk zu einer verschiedenen Menge. Die Menge dieses ist für dieselbe Substanz, wenn sie aus verschiedenen Thieren genommen ist, nicht dieselbe.

Im thierischen Körper kommen noch zwei sehr wichtige Proteinverbindungen vor, nämlich das Proteinbi - und trioxyd. Beide kommen in reichlicher Menge im entzündeten Blute vor; sie bilden sich bei der Respiration und machen einen gewöhnlichen Bestandtheil des Bluts aus; letzteres ist im Wasser löslich, ersteres nicht; beide sind Oxydationsprodukte des Fibrins, wenn es in Wasser gekocht wird; letzteres entsteht auch beim Kochen des Albumins und ist ein Zersetzungsprodukt des Proteinchlorids [2]) (vgl. S. 317 oben); ersteres kann durch ein Alkali aus Haaren gewonnen werden.

[1]) Bulletin 1839, p. 84.

[2]) Bulletin 1839, p. 404, und Scheik. Onderz. Deel I, p. 459 und 550.

Proteintrioxyd:

	I.	II.	III.	IV.
C	51,47	51,69	51,38	51,48
H	6,60	6,64	6,78	6,56.
N	15,37	15,09	15,01	
O	26,56	26,58	26,82	

I ist aus Proteinchlorid erhalten, welches durch Ammoniak von Chlor befreit war;

II durch Kochen von Fibrin in Wasser;

III „ „ „ Eiweiss in Wasser;

Als Bestandtheile des gesunden Organismus finden wir sie beide im Blut, wo sie in kleinen Mengen bei jeder Respiration gebildet werden, und, wie wir beim Farbstoff des Bluts näher aus einander setzen werden, wahrscheinlich ein dünnes Schichtchen um die Blutkörperchen bilden, welches wie die Entzündungskruste zusammengesetzt ist. Es sind Oxydationsprodukte der Substanz, die beim Coaguliren des Bluts zu Fibrin wird. Diese Proteinverbindung nimmt Sauerstoff in den Lungen auf und fliesst in der Form zweier Oxydationsstufen des Proteins durch die Arterien. In den Capillargefässen werden sie zersetzt und zum Stoffwechsel verwendet.

Eine zu grosse Menge dieser Oxyde bildet die Entzündung.

IV aus einer Entzündungskruste. Es ist in Wasser löslich.

	At.	ber.
C	40	51,45
H	64	6,72
N	10	14,92
O	16	20,93.

Diese Substanz hat *Bouchardat* Leim genannt (Ann. de Chim. et de Phys. 1842, Tom. VI, p. 440).

Proteïnbioxyd:

	I.	II.	III.	At.	ber.
C	53,69	53,64	53,44	40	53,36
H	6,90	6,88	7,04	62	6,75
N	15,63	15,85	14,51	10	15,45
O	23,71	23,64	25,01	14	24,44.

I ist durch Kochen von Fibrin in Wasser erhalten; es bleibt hierbei unlöslich zurück.

II ist *Bouchardat's* Albuminose (Comptes rendus, 20. Juin, 1842). *Von Baumhauer* in Scheik. Onderz. Deel I, p. 568.

III ist aus Haaren erhalten, die in Kali aufgelöst wurden, während das Protein durch irgend eine Säure erst gefällt wurde; wenn man darauf einen grossen Ueberfluss von Säure zusetzt, wird Proteinbioxyd erhalten. (Vergl. Scheik. Onderz. Deel I, p. 167.) Das Protein aus Haaren hat die Zusammensetzung:

	Scherer.		*Van Laer.*
	Aus Haaren.	Aus Horn.	Aus Haaren.
C	54,75	55,41	54,38
H	7,13	7,24	7,03
N	15,73	15,59	16,91
O	22,39	21,76	21,68.

Proteintrioxyd kommt im Eiter vor, und wird von Einigen *Pyin* genannt; Proteinbioxyd bildet später zu erwähnende Gewebe. Im Vitellin haben wir (S. 314 in der Note) Proteinbioxyd erkannt.

Man kann nicht mit Gewissheit bestimmen, wie und unter welchen Umständen Protein dnrch die Pflanzen bereitet wird. Bei Untersuchungen von Schimmelpflänzchen der niedrigsten Bildung fand ich stets Protein in diesen Pflänzchen, und zwar, wie wir später sehen werden, entstanden aus stickstofffreien Substanzen, die in Wasser aufgelöst und der reinen atmosphärischen Luft ausgesetzt wurden. Das Protein fehlt in den allerjüngsten Wurzelfäserchen der Pflanzen nicht, es gehört also mit dem Dextrin und der Cellulose zu den allerersten Pflanzenprodukten. Ohne dasselbe scheint keine Organisation im Pflanreich bestehen zu können. Diese Substanz versetzt die Zellmembran in Thätigkeit, und wenn diese auch durch Alkalien von Protein befreit werden kann, ist doch das Protein ein Bestandtheil neuer Zellenreihen in den Pflanzen.

So gewiss es also ist, dass sowohl Dextrin, wie Cellulose und Protein direkt aus den Nahrungsstoffen der Pflanzen entstehen, so wahrscheinlich ist es auch, dass in den Spitzen der Wurzelfäserchen alles Protein gebildet wird, welches in der ganzen Pflanze gefunden wird. Daher kann es in gelöster Form mit dem Dextrin durch die gebildeten Zellen hindurchdringen, um anderswo neue Zellen, d. h. eine Verbindung von Cellulose und Protein — wie es scheint — in bestimmten Verhältnissen zu bilden; oder aber es kann hier oder da in fester Form abgelagert, durch früher (S. 299) erwähnte Stoffe gelöst und anderswohin geführt werden. Mit einer kleinen Proteinmenge können ja viele Pflanzen bestehen, während es zur Bildung jeder neuen Zellenreihe unentbehrlich ist. Berücksichtigt man den Ueberfluss desselben in jugendlichen Zellen und die kleine Menge in alten Zellen, so ist es wahrscheinlich, dass dieselbe Proteinmenge zu tausend verschiedenen Zwecken in einer und derselben Pflanze verwendet, in den Wurzelspitzen gebildet, anderswo abgela-

gert, aber später auch wieder gelöst und anderswohin geführt wird.

Dass es in den Pflanzen sehr selten verbraucht wird, darf man gleichfalls als wahr annehmen. Es scheint aber zur Entstehung der Pflanzenalkalien und anderer stickstoffhaltiger Körper in einigen Pflanzenfamilien verarbeitet zu werden, und bildet gewiss das Chlorophyll, die Indigo-Substanz u. s. w.

Fibroin.

Wenn man Seide oder fliegenden Sommer mit Wasser und darauf mit concentrirter Essigsäure so lange auskocht, bis aller Leim und alles Eiweiss aufgelöst sind, so behält man spröde Fädchen zurück, die von den bekannten Proteinverbindungen der höheren Thierklassen durchaus verschieden sind. Diese Fäden haben folgende Eigenschaften. Sie haben fast allen Zusammenhang verloren, werden in concentrirter Schwefelsäure aufgelöst, durch Galläpfelaufguss aus der verdünnten Säure gefällt, durch Salpetersäure und Salzsäure gelöst, sie bleiben unverändert in Essigsäure und Ammoniak, werden aber durch Kali unter Zersetzung in verschiedene Substanzen aufgenommen. Ihre Zusammensetzung ist:

$$C^{39}H^{62}N^{12}O^{17} = 3\,(C^{13}H^{20}N^{4}O^{5}) + H^{2}O + O,$$ [1]

d. h. 3 Aeq. Leim + Wasser und Sauerstoff.

[1]) Natuur- en Scheik. Archief, Deel III, p. 93, Deel V, p. 281.

	I.	II.	III.	IV.	At.	ber.
C	47,97	48,08	49,11	49,27	39	48,64
H	6,61	6,50	6,50	6,50	62	6,31
N			17,67	17,02	12	17,32
O			26,72	27,21	17	27,73.

Scheik. Onderz., Deel II, p. 1.

Schwamm.

	I.	II.	III.	IV.	V.
C	47,14	48,01	46,91	47,20	47,35
H	6,34	6,35	6,38	6,51	6,33.
N	16,23	16,06			
O	26,52	26,40			
I	1,11	1,05			
S	0,53	0,46			
P	2,13	1,67.			

Es ist sehr merkwürdig, dass der Schwamm genau dieselben Bestandtheile und dieselben Eigenschaften hat, wie dieses Fibroin der Seide, aber noch Schwefel, Phosphor und Iod enthält. Schwamm ist nämlich nach der Analyse von Croockewit Fibroin und Schwefel, Iod und Phosphor:

$$C^{780} H^{1240} N^{240} O^{340} + I^2, S^3, P^{10}$$
$$= 20(C^{39} H^{62} N^{12} O^{17}) + I^2, S^3, P^{10},$$

d. h. Fibroin mit Iod, Schwefel und Phosphor ebenso verbunden, wie Protein mit Schwefel und Phosphor zu Fibrin, Albumin u. s. w. verbunden ist.

Diese in Form von Fäden abgeschiedene Substanz, welche wir im fliegenden Sommer und in der Seide als Kern der Fäden kennen, gehört wahrscheinlich zu den Hauptbestandtheilen des thierischen Körpers der niedrigeren Ordnungen und vertritt hier vielleicht den Faserstoff des Bluts der höheren Thierklassen. Unsere Kenntniss dieser Substanz ist aber noch höchst beschränkt, weil wir dieselbe bis jetzt nur noch als ein Secretum kennen gelernt haben, und die Spongilla eine zu isolirt dastehende Thierart der niedrigsten Ordnung ist, als dass man von dieser irgend einen allgemeinen Schluss sollte ableiten dürfen; deshalb wird dieselbe hier nur mit einem Worte erwähnt. Wenn wir aber einmal zur Kenntniss der Metamorphosen der Stoffe des thierischen Körpers gelangen sollen, so müssen besonders die Bestandtheile der einfach organisirten Thiere der Untersuchung unterworfen werden. Von den chemischen Bestand-

	At.	ber.
C	780	47,04
H	1240	6,10
N	240	16,76
O	340	26,82
I	2	1,24
S	3	0,48
P	10	1,56.

20 Aeq. Fibroin, oder dieselbe Substanz, welche im Kern der seidenen Fäden enthalten ist, sind demnach mit I^2, S^3, P^{10} verbunden, und diese 20 Aeq. sind also höchst wahrscheinlich zwischen Iod, Schwefel und Phosphor vertheilt.

theilen der Insekten wissen wir fast noch nichts, und dennoch ist diese Klasse wegen ihrer eigenthümlichen Natur wichtiger als viele andere.

Ob die oben angedeudete Beziehung zwischen Fibroin und Leim wirklich besteht, muss die Zukunft entscheiden.

Leimgebendes Gewebe, Leim, Chondrin.

Unter den integrirenden Theilchen der organischen Natur kommt keins häufiger vor, als die Zelle. Sie ist die Grundlage aller sichtbaren Formen der organischen Körper. Indem dieselbe auf tausendfache Weise modificirt ist, weiss die Natur jene Mannigfaltigkeit zu erzeugen, welche Pflanzen und Thiere in den Formen ihrer Körper und ihrer Organe, und folglich auch in der Function jener Organe darbieten können.

In den Pflanzen scheint die Natur zur Bildung jener Zellen und der aus Zellen zusammengesetzten Theile einen Hauptstoff anzuwenden nämlich $C^{24} H^{42} O^{21}$, — eine Substanz, in der zwar andere abgelagert und dadurch die Natur der Zelle verändert wird; allein als Baumaterial wird in den Pflanzen nur eine einzige Substanz, d. h. die Cellulose zur Bildung der Zellen, in Verbindung mit etwas Protein angewendet.

In den Thieren verhält sich dies ungefähr ebenso, obgleich die Grundform des Gewebes so wie die chemische Natur desselben hier verschieden ist. In den Thieren muss sie unterschieden werden in bleibendes und in ursprüngliches Zellgewebe. Das ursprüngliche ist im thierischen Körper vielleicht von mannigfacher Natur, das bleibende allgemein. Das ursprüngliche ist für verschiedene Organe verschieden, und überlässt dem allgemeinen seine Stelle, in welches später verschiedene Stoffe abgelagert werden, und welches die Zellenform ganz verliert.

Diese allgemeine bleibende Substanz muss also in entwickelten Individuen und in entwickelten Organen gesucht werden. Sie bildet in der That dem Gewichte nach die grösste

Menge aller thierischen Substanzen bei den höheren Thierarten, und kann, wenn sie auch von der Pflanzencellulose dadurch verschieden ist, dass sie nicht, wie diese, ursprünglich, sondern ein secondaires Produkt ist, dass ihr die eigentliche Zellenform abgeht, doch in mancher Hinsicht mit derselben verglichen werden; besonders in der grossen Menge die von derselben im Körper vorkommt, und in den verschiedenen Verrichtungen, denen sie vorsteht.

Daher giebt den auch eine grosse Menge thierischer Körper bei Analysen theilweise dieselben Substanzen. Die Verbreitung dieser allgemeinen thierischen Substanz im Körper ist der Art, dass, wenn man alle andere Substanzen entfernen könnte, man in derselben allein die ganze Form des Körpers und der Hauptorgane desselben behalten würde. Die Haut, die serösen Membranen, das Bindegewebe der Muskelfasern, die organischen Stoffe der Knochen und so viele andere bestehen aus derselben (vgl. Bindegewebe).

Von dieser Substanz kennt man noch wenige Eigenschaften; man weiss, dass sie in kaltem Wasser unlöslich ist, durch Essigsäure durchscheinend wird und aufquillt, durch Gerbsäure fest und gegen Fäulniss geschützt wird, und dass sie beim Kochen Leim giebt. Besonders an dieser letzteren Eigenschaft hat man sich gehalten, so dass man derselben den Namen des leimgebenden Gewebes gegeben hat.

Indess ist nicht jede Substanz, die beim Kochen Leim giebt, dasselbe thierische Gewebe. Im Gegentheil verwandeln sich viele ungleichartige Gewebe beim Kochen in Leim.

Die Hauptmasse der Gewebe, welche beim Kochen Leim geben, eine allgemeine Substanz, deren Verrichtung sich mit der der Cellulose vergleichen lässt, wollen wir leimgebendes Gewebe nennen.

Diese in Wasser unlösliche Substanz verwandelt sich, wenn sie in Wasser gekocht wird, fast gänzlich in eine lösliche, so dass z. B. eine Schwimmblase nach den Versuchen von *Cop* nicht mehr als 1, 7 % an Gefässhäuten und Pflasterepithelium

zurücklässt, wenn mann sie mit Wasser auskocht [1]). Ebenso verhält es sich mit allen anderen aus Bindegewebe zusammengesetzten Theilen, so dass man diese Körper in ihren wesentlichen Bestandtheilen chemisch als aus leimgebendem Gewebe gebildet betrachten darf; mit anderen Worten: diese thierische Leimsubstanz verwandelt sich beim Kochen in Wasser fast gänzlich in Leim. Bei diesem Kochen erfährt die Zusammensetzung derselben keine Veränderung. Wenn man nämlich eine seröse Membran durch die Verbrennung analysirt, so erhält man ungefähr dieselbe procentische Zusammensetzung, die man erhält, wenn man die Gallerte, den Leim, den man durch Kochen aus der serösen Membran erhalten hat, der Analyse unterwirft. Ebendasselbe gilt auch von der Haut, vom Bindegewebe, welches die Haut mit den unterliegenden Theilen verbindet, und in welches gewöhnlich Fett abgelagert wird, von dem welches die Muskelfasern verbindet, die Knochensalze in den Knochen aufnimmt, und von noch vielen anderen Theilen des Körpers, die wir später, wenn über die Gewebe gehandelt werden wird, erwähnen werden.

In allen diesen Körpern kommt die beim Kochen leimgebende Substanz als ein in kaltem Wasser unlöslicher Körper vor, welcher beim Kochen einfach physisch umgesetzt wird, ohne dabei eine chemische Veränderung zu erfahren. Es wird bei diesem Kochen weder etwas aufgenommen, noch etwas ausgetrieben. Wir sehen hier also eine Veränderung, die sich an jene anschliesst, welche die Stärke erfährt, wenn sie durch Wärme und Wasser in Kleister verwandelt wird, und bei der vielleicht das Mischungsgewicht der Substanz verändert wird, während dieselbe polymer umgesetzt wird.

Es giebt indess ein abgeschienenes leimgebendes Gewebe, das in der Seide und im fliegenden Sommer vorkommt; dieses ist in kaltem Wasser löslich. *Roard* nannte sie früher *Gummi*, und die Befreiung der Seide von dieser leimähnlichen Verunreini-

[1]) Scheik. Onderz. Deel I, p. 67.

gung wurde lange *Degummiren* genannt. Es ist dies das einzige Beispiel von in kaltem Wasser löslicher Leimsubstanz des thierischen Körpers, das jetzt bekannt ist. Wahrscheinlich kommt dieselbe indess im Blute gelöst vor. Wenn Leim einen Theil der festen Stoffe des Körpers ausmacht, so ist er in kaltem Wasser unlöslich, und er wird durch Wasser, das bis zum Siedepunkt erhitzt wird, aus diesen Theilen gelöst.

Die Zusammensetzung desselben ist:

$$C^{13} H^{20} N^4 O^5,$$

sowohl aus der Gallerte von Hirschhorn, wie aus Hausenblase und Seide [1]. Das ungekochte und gekochte in Leim verwan-

[1]) Folgende Leimarten gaben mir folgende Resultate (Bulletin 1839, p. 24):

	Hirschhorngallerte.		Gallerte.			
	I.	II.	von Seide,	von Hausenblase.	At.	ber.
C	50,05	50,05	49,49	50,76	13	50,37
H	6,48	6,64	6,36	6,64	20	6,33
N	18,35	18,39	19,19	18,31	4	17,95
O	25,12	24,92	24,96	24,29	5	25,35.

Cop erhielt, als er Hausenblase kochte nur 1,7% unlöslicher Substanzen, welche gaben: (Scheik. Onderz. Deel I, p. 67):

C	52,02
H	6,71.

Daher konnte auch *Scherer* ungefähr dieselben Bestandtheile von Schwimmblasen erhalten, welche er unverändert einer Elementaranalyse unterwarf. Er fand nämlich (Ann. der Pharm. Bd. 40, S. 46):

	Hausenblase.	Sehnen.	Sclerotica.
C	50,56	50,96	51,00
H	6,90	7,19	7,08
N	18,79	18,32	18,72
O	23,75	23,53	23,20.

Es giebt drei Verbindungen von Gelatin mit Gerbsäure; zwei derselben habe ich früher analysirt (Bulletin 1839, p. 23):

$$C^{13} H^{20} N^4 O^5 + C^{18} H^{10} O^9 + 2 \text{ aq.}$$

$$3 (C^{13} H^{20} N^4 O^5) + 2 (C^{18} H^{10} O^9 + \text{aq.}).$$

Schiebel hat auf 100 Gelatin 59,25 — 88,9 — 118,5 Gerbsäure gefunden, was übereinstimmt mit 1 Aeq. Gelatin und mit 1,1½ und 2 Aeq. Gerbsäure.

Hiermit ist die Formel für das Gelatin festgesetzt. Sie ist indess noch nach zwei andereren Methoden bestimmt; zuerst dadurch, dass man durch

delte Zellgewebe verbinden sich beide mit Gerbsäure zu in Wasser unlöslichen vor Fäulniss sehr geschützten Substanzen. Daher die Fähigkeit aller gerbsäurehaltigen Stoffe, einen Mangel an Elasticität im Organismus zu ersetzen. Sowohl die Proteinverbindungen wie der Leim bilden mit der Gerbsäure harte, cohaerente Verbindungen. China, Weidenrinde, Katechu und so viele andere adstringirende Heilmittel bilden also im Organismus ähnliche Verbindungen. Dass indess von der Gerbsäure dieser in Ueberfluss gereichten Heilmittel nur wenig in die Blutmasse geführt wird, geht daraus hervor, dass sie nicht

eine Auflösung von Gelatin Chlor leitete, wodurch ein Leimchlorid entsteht. (Bulletin 1839, p. 153.)

Von diesen Verbindungen sind drei bekannt, die aus 1 Aeq. Gallerte und 1 Aeq. $Cl^2 O^3$, aus 3 Aeq. Gelatin und 2 $Cl^2 O^3$, und aus 4 Aeq. Gelatin und 1 $Cl^2 O^3$ bestehen. Letztere, welche eine so constante Zusammensetzung hat, wie man sie nur überhaupt für eine chemische Verbindung erhalten kann, lässt hinsichtlich des Mischungsgewichts und der Formel für das Gelatin keinen Zweifel mehr zurück:

	gef.		At.	ber.
C	46,66	46,25	52	46,52
H	5,90	5,81	80	5,84
N	15,59		16	15,54
O	23,37		20	23,41
$Cl^2 O^3$	8,48	8,47	1	8,69.

Da *Scherer* bei der Analyse von Leim mehr Wasserstoff gefunden hatte, hat *van Goudoever* meine Versuche später wiederholt (Scheik. Onderz. Deel I, p. 251.) Er hat auch lange gekochten Leim, der nicht mehr gelatinirt, analysirt und dafür gefunden:

	gef.		At.	ber.
C	49,50	49,56	52	49,67
H	6,56	6,54	82	6,39
N	17,36	17,36	16	17,69
O	26,58	26,54	21	26,25.

Also ein dem letztgenannten Chlorid entsprechendes Hydrat:

$$4\,(C^{13} H^{20} N^4 O^5) + Cl^2 O^3$$
$$4\,(C^{13} H^{20} N^4 O^5) + aq.$$

Lange gekochter Leim hat also das vierfache Mischungsgewicht des gelatinirenden. Wenn man durch diesen Chlor führt, erhält man noch eine vierte Verbindung von Leim mit chlorichter Säure, welche aus 5 Aeq. Gelatin und 2 $Cl^2 O^3$ besteht. (Scheik. Onderz. Deel I, p. 523.)

tödtlich sind. Die Gerbsäuremenge einer Unze China, ja sogar nur einer sehr kleinen Menge derselben, ins Blut gebracht, würde unläugbar sogleich den Tod zur Folge haben; die grösste Menge Eiweiss des Bluts würde dadurch coagulirt werden.

Ebenso verhält es sich mit geistigen Flüssigkeiten, die ebenfalls Leim und Proteinverbindungen fällen; mit Alaun, der den Leim ebenfalls fest macht, und beim Zusatz von Alkalien den Leim mit der Thonerde aus der Lösung fällt.

Aus dem Gerben des Leders durch gerbsäurehaltige Stoffe geht hervor, dass der Leim im Zellgewebe im Zustande eines Hydrats zugegen ist, aus welchem das Wasser durch Gerbsäure ausgetrieben werden kann und Gerbsäureleim gebildet wird, der unlöslich, fest und vor Fäulniss geschützt ist.

Solcher Gerbsäureverbindungen mit Leim giebt es drei: 1 Aeq. Leim und 1 Aeq. Gerbsäure; 2 Aeq. Leim und 1 Aeq. Gerbsäure, und 3 Aeq. Leim und 2 Aeq. Gerbsäure.

Wenn durch eine Auflösung von Leim Chlor hindurchgeführt wird, so entsteht:

$$4\ (C^{13}\ H^{20}\ N^{4}\ O^{5}) + Cl^{2}\ O^{3},$$

nachdem man den gebildeten Niederschlag getrocknet hat; vor dem Trocknen aber findet man Verbindungen von 1 Aeq. Leim und 1 Aeq. $Cl^2\ O^3$, und 3 Aeq. Leim und 2 Aeq. $Cl^2\ O^3$.

Wenn man diese Verbindung mit Ammoniak übergiesst, abdampft und den gebildeten Salmiak mit Alkohol auszieht, erhält man ein Hydrat von Leim, das nicht mehr gelatinirt:

$$4\ (C^{13}\ H^{20}\ N^{4}\ O^{5}) + aq.$$

Dasselbe erhält man auch, wenn man Leim lange in Wasser kocht, welche Thatsache, wenn man Fleisch lange zu Brühe kocht, besonders wenn man Speisen im Papinianischen Topfe bereitet, nicht übersehen werden darf; es fragt sich doch, ob dieses Leimhydrat durch den Organismus wieder in Nahrung verwandelt werden kann, und ob es keine schädliche Substanzen im Körper entwickeln kann.

Dass von den Pflanzen kein Leim bereitet wird, ist wahr-

scheinlich; in den vegetabilischen Nahrungsstoffen hat man denselben noch nicht gefunden.

Auf welche Weise leimgebende Gewebe im Thierkörper entstehen, ist noch nicht bekannt. Man kann sich diese Entstehung auf vielfache Weise vorstellen, allein wir kennen dieselbe nicht. Es giebt indess Stoffe im Organismus, welche eine dem Leim analoge Zusammensetzung haben; andere, welche unter dem Einfluss von Alkalien aus Protein gebildet werden (vgl. die Note auf S. 321). Letztere verdienen besonders unsere Aufmerksamkeit, weil das Blutserum alkalisch ist, und das Protein, wenn es nur mit dem schwächsten Alkali in Berührung ist, auf die S. 320 angegebene Weise zersetzt wird. Das scheint ausgemacht, dass das leimgebende Gewebe, da es in der Pflanzennahrung nicht vorkommt, im thierischen Körper gebildet werden muss.

In den Haaren kommt neben Schwefelprotein

$$C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{12} + S^{2}$$

ein Bindungsstoff $C^{13}H^{20}N^{6}O^{5}$ vor, der um N^{2} vom Leim verschieden ist, während Protid $C^{13}H^{18}N^{2}O^{4}$ und Erythroprotid $C^{13}H^{16}N^{2}O^{5}$ eine dem Leim sehr nahe stehende Zusammensetzung haben. Durch die Zersetzung des Proteins kann also im thierischen Organismus Leim gebildet werden, auf die bei der Einwirkung der Alkalien auf Protein S. 320 angegebene Weise; die schwache Alkalinität des Blutserums modificirt zwar diese Weise, allein in der Hauptsache muss sie dieselbe sein wie die S. 320 mitgetheilte. Die Ameisensäure, unter dem oxydirenden Einfluss des durch die Lungen in das Blut geführten Sauerstoffs, entsteht hier nicht, oder sie wird unmittelbar in Kohlensäure verwandelt. Die Zersetzungsprodukte des Proteins durch das Alkali des Bluts sind also: Kohlensäure, Ammoniak, Protid, Erythroprotid und Leucin. Auf 2 Aeq. Ammoniak werden gebildet:

$C^{13}\,H^{18}\,N^{2}\,O^{4}$ Protid.

$C^{13}\,H^{16}\,N^{2}\,O^{5}$ Erythroprotid.

Wenn wir zu den Elementen beider 1 Aeq. Ammoniak addiren: $C^{13}\,H^{24}\,N^{4}\,O^{4}$ $C^{12}\,H^{22}\,N^{4}\,O^{5}$,

so erhellt hieraus, dass bei dem stets fortdauernden Einfluss des durch die Lungen in das Blut geführten Sauerstoffs, leimgebendes Gewebe aus Protid entstehen kann, wenn O^3 hinzutritt, und aus Erythroprotid, wenn O hinzutritt. Es entsteht dann aus:

$$C^{13}\,H^{24}\,N^4\,O^4 + O^3$$
$$C^{13}\,H^{20}\,N^4\,O^5 + 2\,H^2O$$

und aus

$$C^{13}\,H^{22}\,N^4\,O^5 + O$$
$$C^{13}\,H^{20}\,N^4\,O^5 + H^2O,$$

d. h. es entsteht Leim und Wasser aus Protid und Erythroprotid + Ammoniak, die durch das Alkali des Bluts aus Protein entwickelt sind, wenn Sauerstoff in den Lungen hinzutritt.

Nach diesem Schema wären also die Zersetzungsprodukte des Blutproteins, welche einfach durch den Alkaligehalt des Blutserums unter dem oxydirenden Einfluss der Atmosphäre entstehen: Kohlensäure, Wasser, leimgebendes Gewebe und Leucin. Die Kohlensäure wird durch die Lungen, das Wasser durch diese und die Nieren ausgeschieden; dem Leim muss eine bestimmte Form ertheilt werden, um Zellgewebe aus demselben zu bilden.

Allein Leucin hat man noch nicht im Körper gefunden. So lange man dieses oder die Zersetzungsprodukte desselben im Körper nicht nachweisen kann, ist jeder Versuch, die Leimbildung zu erklären, fruchtlos.

Mit dem Obenstehenden glaubte ich indess auf die complexe Natur des Proteins und des Leims aufmerksam machen zu müssen, so wie auf die grosse Unwahrscheinlichkeit, dass durch blossen Zutritt oder blosse Entfernung von Sauerstoff, Wasser und Ammoniak die Metamorphose von Protein in Leim geschehen sollte; andererseits auf die Wahrscheinlichkeit, dass der Alkaligehalt des Blutserums auf die Metamorphose des Proteins den wichtigsten Einfluss hat, und dass die Bildung von Protid und Erythroprotid, aus Protein und Alkalien, den Weg zu bahnen scheint zu einer wahrscheinlichen Erklärung der Bil-

dung der leimgebenden Gewebe. Alles, was indess jetzt darüber bekannt sein kann, ist beschränkt wegen der beschränkten Kenntniss der sogenannten extractartigen Stoffe des Blutserums.

Hinsichtlich der Zersetzungsprodukte der leimgebenden Gewebe im Körper ist man ebenfalls im Unklaren, weil man die Zersetzungsprodukte des Leims nicht gut kennt. Unter dem Einfluss oxydirender Verhältnisse erhält man Blausäure [1]; unter dem Einfluss von Alkalien entsteht Leimzucker, Leucin und Extractivstoffe, unter Entwicklung von Ammoniak und Bildung von kohlensaurem Alkali [2].

Wird endlich Leim mit Schwefelsäure durchweicht, mit Wasser verdünnt und gekocht, so erhält man Leimzucker und Extractivstoffe, oder Leucin und Extractivstoffe [3]. Da nun durch Kali zersetztes Eiweiss Leucin giebt [4], besteht ein enger Zusammenhang zwischen Proteinverbindungen und dem thierischen leimgebenden Gewebe, erzeugen beide im Blut ähnliche Verbindungen, und können also unter bestimmten Umständen dieselben Zersetzungsprodukte geben.

Welche Zersetzungsprodukte der Leimzucker geben kann, ist oben beim Zucker nachgewiesen. Wenn das Zellgewebe aus Protein, das nach dem obenerwähnten Schema gebildet worden, wieder aufgenommen wird, muss es in löslicher Form, d. h. als Leim im Blut vorkommen, und wird es in demselben durch das Alkali des Bluts zersetzt, so giebt es (ausser unbekannten Extractivstoffen) Leimzucker, der in Harnstoff und Zucker zersetzt werden kann, indem der erstere durch die Nieren ausgeschieden wird, während der letztere zu anderen noch unbekannten Zwecken im Körper verbraucht werden kann.

In der neuesten Zeit hat man nicht nur die ernährende Kraft

[1]) *Persoz* in Ann. der Chem. und Pharm., December 1842; *Sullivan* aber läugnet dies; ibid.

[2]) Man findet diese Versuche angegeben im Bulletin 1838, p. 145.

[3]) Ibid. p. 145.

[4]) Ibid. p. 145.

des Gelatins für den Menschen in Zweifel gezogen, sondern der französischen Akademie folgend hat Mancher den Leim für eine ganz nutzlose Substanz unter den Speisen gehalten [1]. Nur diejenigen, welche befangen sind, die ihre Versuche an Hunden anstellen, welche Thiere nach dem Ausspruche der Gelatin-Commission lieber neben der Gallerte verhungern, als sie essen; nur die, welche das Resultat von hunderttausend Beobachtungen läugnen, werden dem Leim eine Stelle unter den nützlichen Nahrungsstoffen absprechen. Wer so wie ich die medicinische Praxis viele Jahre lang ausgeübt hat und die Gelegenheit hatte Reconvalescirende unzählige Male unter dem Gebrauch von Arrow-root und Hirschhorngallerte an Kräften zunehmen zu sehen, oder sah, wie Geschwächte durch den Gebrauch von Hirschhorngallerte wieder elastischer wurden, muss es bedauern, dass Versuche *dort* etwas entscheiden sollen, wo Versuche verwerflich und überflüssig sind, wo nur die Beobachtung etwas zu entscheiden hat.

Es ist hier nicht der Ort, die Art und Weise, in der das Gelatin im Körper als Nahrung wirkt, zu entwickeln; wir werden dies aufbewahren, bis wir von der thierischen Nahrung reden werden; allein ich konnte dieses Wenige, das ich über das Gelatin mittheilte, nicht schliessen, ohne mein Urtheil auszusprechen über die hierzu angestellten, das reine Gelatin als Nahrung verwerfenden Versuche, nämlich dass ich aus denselben nichts gelernt habe, als wie man Versuche *nicht* anzustellen hat.

Mit dem Leim, der aus dem Zellgewebe und den serösen Membranen erhalten wird, stimmt in vielen Eigenschaften, nur nicht in der Zusammensetzung, eine andere Substanz überein, welche *Joh. Müller* zuerst unter dem Namen *Chondrin* beschrieben hat. Man erhält dieselbe, wenn man die Hornhaut des Auges, die bleibenden Knorpel, wie die der Nase, des Ohrs, der Luftröhre, der Gelenkknorpel und der Rippenknorpel, mit Wasser

[1]) Vgl. z. B. Verslag van *Z. E.* den Minister van Binnenlandsche zaken, in het Instituut. 1843, Nr. 2, p. 97.

auskocht. Diese zweite Leimart setzt also eine andere Art von Gewebe voraus. Dasselbe ist ebenso dem Chondrin in der Zusammensetzung gleich, wie das Bindegewebe dem aus demselben bereiteten Leim; so dass, wenn man z. B. Rippenknorpel analysirt, man fast dieselbe Zusammensetzung erhält, wie wenn man das durch Auskochen derselben erhaltene Chondrin der Untersuchung unterwirft. Es scheinen also ebenfalls wenige andere Substanzen, wie die Hausenblase, mit den Chondrin gebenden in den genannten Geweben vorhanden zu sein (vgl. Knorpelgewebe). Die Zusammensetzung ist:

$$10\ (C^{32}\ H^{52}\ N^{8}\ O^{14}) + S$$ [1].

[1]) Bulletin 1838, p. 77.

	gef.	At.	ber.
C	49,96	320	49,93
H	6,63	520	6,61
N	14,44	80	14,47
O	28,59	140	28,58
S	0,38	1	0,41.

Das Mischungsgewicht des Chondrins ist zunächst an einer Verbindung desselben mit schwefelsaurem Eisen erforscht, und das des schwefelsauren Chondrins durch eine Chlorverbindung, welche *Schröder* analysirt hat: (Scheik. Onderz. Deel I, p. 270.)

	gef.	At.	ber.
C	46,11	32	45,96
H	6,09	52	6,09
N	13,71	8	13,30
O	26,88	14	26,31
Cl^2	7,21	2	8,32.

Schröder hat auch meine früheren Analysen des Chondrins wiederholt, da *Scherer* und *Vogel* für dasselbe andere Resultate erhalten hatten.

Scherer hat nämlich (Annalen der Pharm. Bd. 40, S. 49) ganze Rippenknorpel und ebenso die Hornhaut analysirt und dafür gefunden:

	Rippenknorpel.		Hornhaut.	
C	50,90	49,19	49,52	50,03
H	6,96		7,10	
N	14,91		14,40	
O	27,23		28,98	

Ausser im Wasserstoffgehalt, der indess sehr wesentlich ist, kommen

Dass das Chondrin gebende Gewebe unter anderen Verhältnissen gebildet wird, als das Leim gebende, geht unter anderen daraus hervor, dass die Rippenknorpel alter Individuen, wenn sie zu ossificiren anfangen, beim Kochen kein Chondrin, sondern Leim geben. Das Gewebe der Rippenknorpel wird also zu der Zeit gänzlich verändert und in Knochengewebe umgesetzt. Umgekehrt geben die zarten Knochen des Foetus keinen Leim, sondern Chondrin, so lange die Verknöcherung noch nicht angefangen hat, später Leim [1]).

Mit Chlor in Berührung verbindet sich das Chondrin zu einer Chlorverbindung; nicht aber zu einer solchen, die chlorichte Säure enthält, sondern, wie *Schröder* gefunden hat, zu

$$C^{32}\,H^{52}\,N^{8}\,O^{14}\,Cl^{2}.$$

Andere leimgebende Stoffe des thierischen Körpers kennt man noch nicht. Das *Pyin* von *Güterbock*, welches aus Tuberkelstoff, Granulationen, Condylomen, Pseudomenbranen, aus den Eihäuten u. s. w. erhalten wurde, ist Proteintrioxyd. Der Leim elastischer Gewebe endlich hat Eigenschaften, welche die Mitte halten zwischen Chondrin, Proteintrioxyd und gewöhnlichem Leim: er scheint als ein Gemenge elastischer Gewebe betrachtet werden zu müssen.

Scherer's Analysen den meinigen sehr nahe. *Schröder* fand genau die von mir gefundenen Mengen:

C	49,93	32	49,93
H	6,61	52	6,61.

Aus *Scherer's* Versuchen geht indess hervor, dass die Rippenknorpel ebensowenig von dem aus denselben bereiteten Leim verschieden sind, wie die Schwimmblasen der Fische von dem aus denselben bereiteten Fischleim.

Die Resultate der von *Vogel* angestellten Analyse des Chondrins (Journal de Pharm., Août 1841, p. 497) sind im Kohlenstoffgehalt unrichtig:

C	48,97
H	6,53
N	14,55
O	29,63
S	0,32.

[1]) *Müller*, in *Pogg.* Annalen, B. 38, S. 316.

Woher der Ursprung des Bindegewebes abgeleitet werden muss, liegt jetzt noch fast ganz im Finsteren. Die Beobachtung, dass die Knochen des Foetus erst Chondrin enthalten, und dass dieses darauf in leimgebendes Gewebe übergeht, wenn die Ossification anfängt, und die Beobachtung, dass ossificirende Knorpel nicht mehr Chondrin, sondern Leim beim Auskochen geben, ist sehr wichtig, um den Ursprung des leimgebenden Gewebes zu erklären. Daraus folgt gewiss nicht, dass Alles, was Leim giebt, ursprünglich Chondringewebe gewesen ist, dass also die Haut, die serösen Membranen u. s. w., bevor sie so gebildet sind, dass sie beim Kochen Leim geben, Chondrin liefern; allein die Möglichkeit besteht doch, und es darf dies also einen Punkt der Forschung gewähren. Die Umsetzung des Knochenchondringewebes in Leimgewebe und des Rippenknorpelchondringewebes in Leimgewebe ist durch Versuche deutlich geworden.

Daraus folgt, dass in diesen Organen das Chondrin das primaire, und der Leim das secundaire Produkt ist, dass wir also darnach streben müssen, zu erforschen, sowohl wie Chondrin in Leim verwandelt wird, als auf welche Weise das Chondrin entsteht.

Was das letztere betrifft, so finden wir im Körper zwei Arten von Chondringewebe: eines, das noch vor der Geburt in der Frucht in Leimgewebe verwandelt wird (in den Knochen); ein anderes, welches während einer Reihe von Jahren fortbesteht, und diese Veränderung nur im hohen Alter erfährt. Dieser Unterschied ist bemerkenswerth und lässt sich chemisch nicht beleuchten; er muss von der Form abhängig sein, von dem, was wir Organisation zu nennen pflegen.

Andererseits ist es auffallend, dass die wahren Leimgewebe nicht alle Knochensalze absetzen, sondern dass nur das Knochenleimgewebe und das Gewebe der wahren Knorpel (im Alter) dazu fähig sind, während der Haut und den serösen Membranen, die gleichfalls wahre Leimgewebe sind, diese Fähigkeit abgeht. Auch dies lässt sich chemisch nicht erklären, sondern

es muss von der Form, von der Natur der Gewebe abgeleitet werden [1]).

Die Bildung von Chondrin in den jugendlichen, noch nicht ossificirten Knochen lässt sich aus nichts Anderem als aus einer Proteinverbindung erklären ; man hat ja im Huhne, bei dem man in den jugendlichen Knochen Chondrin findet, als Hauptbestandtheile nur Eiweiss, Oxyprotein und Fette gefunden; letztere haben an der Chondrinbildung keinen Antheil. Im gebildeten Organismus darf man sich die Bildung und Erhaltung des Chondrins aus denselben Stoffen denken, wie bei den jugendlichen Individuen.

Wenn wir einfach auf die procentische Zusammensetzung achten, so scheint es, als wenn das Chondrin ein Bihydrat von Proteintrioxyd wäre. Die Resultate der Analysen können nämlich ungefähr durch $C^{40} H^{62} N^{10} O^{15} + 2 H^2O$ dargestellt werden [2]). Aber abgesehen davon, dass man auf diese Weise den Resultaten der Analysen Gewalt anthun würde, stimmt damit keineswegs die Verbindung überein, welche das Chlor mit Chondrin bildet (S. 343), und zwar hinsichtlich des Kohlenstoffgehalts. Chondrin und Proteintrioxyd dürfen also nicht für dieselben Stoffe gehalten werden.

Was nun die Bildung des Leimgewebes aus Chondrin betrifft, welche sich nicht bezweifeln lässt, so kann diese nur wenig von der Bildung des Leimgewebes aus Proteinverbindungen verschieden sein. Die Haut und die serösen Membranen entstehen ja direkt aus diesen letzteren, nicht nach einer vorausgegangenen Chondrinbildung, so wie dies im Knochengewebe und in dem der wahren Knorpel geschieht; allein die Chemie ist nicht im Stande, dies zu beleuchten: man kennt die Leimsubstanz noch zu wenig; man kennt noch keine andere Beziehung zwischen ihr und Protein, als die, welche wir im Leucin und

[1]) Vgl. Gewebe.

[2]) Man vergleiche die Versuche, welche in der Note auf S. 326 und 342 erwähnt sind.

Leimzucker (S. 340) nachgewiesen haben. Es werden neue Versuche erfordert, bevor man sich hierüber irgend eine bestimmte Vorstellung bilden darf.

Farbstoff des Bluts.

Eine höchst beachtenswerthe Substanz kommt im Blute der mit rothem Blut versehenen Thiere vor, welche vielleicht eine Hauptrolle im Körper spielt, deren Verrichtungen aber noch nicht bekannt sind: nämlich der rothe Farbstoff des Bluts. Dass dieser für das thierische Leben nicht unentbehrlich ist, geht daraus hervor, dass er in einigen Thierklassen fehlt, in solchen Thieren, deren Bau von denen, die rothen Farbstoff in ihrem Blut besitzen, gewiss verschieden ist, die aber doch mit den rothblütigen so viele Eigenschaften theilen, dass man sagen darf, der rothe Farbstoff sei für die Thiere nicht unentbehrlich. Es heisst, dass derselbe überall dort einer wichtigeren Verrichtung vorsteht, wo die Respirationsorgane bei den Thieren mehr entwickelt sind. In den Pflanzen kommt derselbe nicht vor, und von diesen kann er also den Thieren nicht mitgetheilt werden; er muss folglich im thierischen Körper gebildet werden, und zwar aus vegetabilischer Nahrung entstehen können bei den Thieren, welche rothes Blut haben, und nur von Pflanzennahrung leben. Wie derselbe entsteht, ist jetzt noch gänzlich unbekannt, und diese Unkenntniss lässt noch einen dichten Schleier über vielen Functionen des Lebens.

Dieser Farbstoff ist in Bläschen enthalten, die in unzähliger Menge im Blut vorkommen, und Blutkörperchen genannt werden. Von den Wandungen dieser Bläschen wird der Farbstoff zurückgehalten, aber in kleiner Menge auch dann und wann durch dieselben hindurchgelassen, so dass zwar die grösste Menge desselben in den Blutkörperchen enthalten und in denselben in einer Flüssigkeit vertheilt ist, aber ein anderer Theil auch ausserhalb derselben im Blutserum angetroffen wird.

Man hat allgemein angenommen, dass in den beiden Blutarten,

welche sich in den Thieren finden, der Farbstoff in zwei verschiedenen chemischen Zuständen vorkommt: im arteriellen Blut mit einem Uebermaass von Sauerstoff versehen, im venösen mit einem Uebermaass von Kohlenstoff oder Kohlensäure. Hierfür wurde der Grund angeführt, dass das arterielle Blut hellroth, das venöse dunkelroth ist, und letzteres durch Sauerstoff von dunkelroth hellroth wird; dass in den Lungen, in welchen das venöse Blut in arterielles verwandelt wird, Sauerstoff aufgenommen und Kohlenstoff frei wird, und dass also der Farbstoff des arteriellen Bluts wirklich chemisch von dem des venösen verschieden sein muss.

Es ist indess schon lange her, dass Thatsachen bekannt sind, welche lehren, dass die hellrothe Farbe nicht nothwendig von Sauerstoff, und die dunkelrothe nicht von Kohlensäure oder Kohlenstoff abgeleitet zu werden braucht, da andere Stoffe als der Sauerstoff im Stande waren, dieselbe Farbenänderung des venösen in arterielles Blut zu erzeugen. Hierher gehören Salzlösungen von ganz neutralen, keinen Sauerstoff abgebenden Salzen, z. B. eine Lösung von Salpeter, schwefelsaurem Natron und noch vielen anderen. Wenn venöses Blut von denselben aufgefangen oder mit denselben vermengt wird, so erhält es eine ebenso schön rothe Farbe, wie wenn man es dem Einflusse des Sauerstoffs aussetzt, und wir sind also zu dem Schlusse berechtigt, dass die Farbenänderung, welche das Blut in den Lungen erfährt, keineswegs mit einer verschiedenen chemischen Zusammensetzung des Farbstoffs zusammenzuhängen braucht, die von einer niedrigeren oder höheren Oxydation abhängig wäre, da eine Salzlösung dieselbe Wirkung hat, wie Sauerstoffgas.

Aus geronnenem Blut wird der Farbstoff durch Schwefelsäure oder Ammoniak, welches in kleinen Mengen zu Alkohol gesetzt wird, aufgelöst und besonders dann erhalten, wenn man Blut sich in schwefelsaurem Natron absetzen lässt, und die auf dem Boden angesammelte Schichte von Blutkörperchen mit Alkohol und Schwefelsäure auszieht.

Der Farbstoff des Bluts kann sich mit Säuren und Alkalien

verbinden, und theilt also diese Eigenschaft mit dem Protein; eine Eigenschaft, die kräftig dazu mitwirkt, die unzählige Reihe von Verbindungen, die im thierischen Körper vorkommen, zu vergrössern. Er ist in Wasser, Alkohol und Aether, Säuren und Alkalien fast unlöslich, löst sich aber in Säure- oder Alkalihaltigem Alkohol auf. In diesem Zustande, nachdem er von der beigemengten Proteinschwefelsäure gereinigt ist, wird er von den Chemikern coagulirter Farbstoff genannt; allein er kann nicht coaguliren; diese Vorstellung beruhte auf der früher an albuminhaltigem Farbstoff gefundenen Eigenschaft zu coaguliren, allein es kann diese nur dem Eiweiss, nicht dem Farbstoff zugeschrieben werden. Da dieser in Alkohol und Ammoniak, oder in Alkohol und Schwefelsäure ganz löslich ist, kann man ihn schwer coagulirt nennen. Er ist, sogar in einer verdünnten Auflösung, von dunkler Farbe, und zeigt alle Eigenschaften des venösen Farbstoffs, obgleich dieselbe stets mit der Luft in Berührung war und also in dem Zustande des arteriellen Haemains verkehrte.

Nach der Bereitungsweise ist es nicht wahrscheinlich, dass der Farbstoff des Bluts dabei eine Veränderung erleidet. Wenn dabei eine Veränderung entstände, so würde es die sein, dass der venöse arteriell wird.

Aus dem Blut verschiedener Thiere bereitet, hat er stets dieselbe Zusammensetzung, gleichgültig, ob dieses venöses oder arterielles Blut sei:

$$C^{44} H^{44} N^6 O^6 Fe$$ [1]).

[1]) Bulletin, 1839, p. 74.

	I.	II.	III.	IV.	V.
C	66,49	65,91	66,20	65,73	65,90
H	5,30	5,27	5,44	5,28	5,27
N	10,54		10,46	10,57	10,61
O	11,01		11,15	11,97	
Fe	6,66	6,58	6,75	6,45.	

I ist aus arteriellem Ochsenblut

II aus demselben,

III „ „

Die Veränderlichkeit des Eisengehalts, die von Einigen angegeben wird, ist den angestellten Versuchen zuzuschreiben; der Eisengehalt ist unveränderlich, wenn der Stoff nur gut bereitet ist. Das Eisen stellt ein chemisch mit dem Stoff verbundenes Element dar, kann aber aus demselben entfernt werden. Wird z. B. in Wasser vertheiltes Haematin der Einwirkung von Chlor ausgesetzt, so verschwindet das Eisen aus demselben, indem es in der gebildeten Salzsäure aufgelöst wird, während an die Stelle von Fe 6 ($Cl^2 O^3$) treten. Der jetzt nicht mehr rothe, sondern weisse Stoff besteht aus:

$$C^{44} H^{44} N^6 O^6 + 6 (Cl^2 O^3)$$ [1]).

Auf eine andere Weise noch kann das Eisen aus demselben entfernt werden, so dass ein rother Farbstoff übrig bleibt. Man vermengt nämlich trocknes Blut mit concentrirter Schwefelsäure, lässt es eine Zeit lang zusammen stehen und setzt Wasser hinzu. Unter Wasserstoffentwicklung löst sich schwefelsaures Eisen im Wasser auf, welches nun durch die gewöhnlichen Reactionen auf Eisen entdeckt werden kann. Das gut ausgewaschene Blut mit Alkohol und etwas Schwefelsäure ausgezogen, liefert eisenfreies rothes Haematin, in Verbindung mit Proteinschwefelsäure. Nach verschiedenen Bereitungsweisen hat *van Goudoever* eine

IV aus venösem Ochsenblut,
V „ gemischtem Schafblut.

	At.	ber.
C	44	65,84
H	44	5,37
N	6	10,40
O	6	11,75
Fe	1	6,64.

[1]) Bulletin 1839, p. 411.

	gef.	At.	ber.
C	37,34	44	36,46
H	3,01	44	2,98
N	5,89	6	5,76
O	24,34	24	26,62
Cl	29,42	12	28,78.

constante Zusammensetzung für diese Verbindung gefunden, welche durch die folgende Formel dargestellt wird:

$$C^{84} H^{114} N^{16} O^{22} SO^{3} =$$
$$C^{44} H^{44} N^{6} O^{6} + C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}, SO^{3} + 4 \text{ aq.}$$ [1]).

Wenn Haematin auf die zuerst genannte Weise, d. h. eisenhaltig und frei von Protein und Schwefelsäure bereitet, mit concentrirter Schwefelsäure vermischt und mit dieser einige Tage in Berührung gelassen und dann dazu Wasser gefügt wird, so entwickelt sich auch Wasserstoff, und es wird schwefelsaures Eisen in der Flüssigkeit bemerkt. Auf diese Weise kann man alles Eisen auflösen und die organischen Elemente

$$C^{44} H^{44} N^{6} O^{6}$$

mit einander verbunden erhalten [2]).

Das Eisen ist also ein solcher Bestandtheil des Haematins, der aus demselben entfernt werden kann, allein nicht ohne die Natur des Farbstoffs zugleich gänzlich zu verändern.

Man hat sich dieses Eisen sehr locker mit dem Farbstoff verbunden gedacht, so dass es bei der Respiration oxydirt und desoxydirt werden könne, ohne dass die eigentlichen organischen Bestandtheile des Farbstoffs daran Antheil nehmen. Dass aber durch dieses Eisen nicht die Menge von Sauerstoff, welche bei der Respiration in Kohlensäure verwandelt wird, aufgenom-

1) Scheik. Onderz., Deel II, p. 137.

	gef.	At.	ber.
C	56,963	84	57,08
H	6,799	114	6,32
N	12,675	16	12,59
O	19,143	22	19,56
SO^3	4,420	1	4,45.

2) Scheik. Onderz., Deel II, p. 151.

	gef.	At.	ber.
C	70,18	44	70,49
H	5,92	44	5,76
N		6	11,16
O		6	12,59.

men und durch den Körper geführt wird, erleidet keinen Widerspruch, da im Blut nur eine solche Menge Haematin gefunden wird, welche bei weitem nicht fähig ist, den Sauerstoff bei der Respiration aufzunehmen, der bei derselben aufgenommen wird.

Ausserdem ist das Eisen sehr innig mit den vier organischen Elementen des Farbstoffs verbunden, sogar so, dass man gut bereitetes Haematin viele Tage mit verdünnter Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure digeriren kann, ohne die Eisenmenge im Geringsten zu vermindern. Das so behandelte Haematin hat mir nach der Verbrennung 9,49% Eisenoxyd gegeben, welches die constante Menge ist, die von gut bereitetem Haematin stets nach der Verbrennung zurückbleibt.

Es ist also unrichtig, wenn man sich denkt, das Eisen aus dem Blut entfernen zu können, ohne zugleich die Natur des Farbstoffs gänzlich zu verändern.

Liebig stützt sich auf die Beobachtung, dass man aus getrocknetem Blut durch verdünnte Säuren Eisen auflösen kann. Allein es kommt Eisen in anderen Blutbestandtheilen vor, ausser im Farbstoff. Reines Serum lässt ebenso wie Hühnereiweiss nach der Verbrennung eine eisenhaltige Asche zurück. Dieses Eisenoxyd ist es, das verdünnte Säuren aus getrocknetem Blut ausziehen können, keineswegs das des Farbstoffs, wie *Liebig* glaubt [1].

In dem rein erhaltenen Farbstoff muss man sich das Eisen so denken, wie es in dem arteriellen Blut sich findet. In diesem kann es nun entweder die höchste Oxydationsstufe erreicht haben, d. h. $Fe^2 O^3$ sein (*Frémy's* Eisensäure wird man in demselben nicht suchen), oder als ein organischer Bestandtheil mit C H N O verbunden, und sonach nicht als Oxyd, sondern als Eisen.

Bei der leichten Veränderlichkeit, welche *Liebig* bei diesem Eisen von kohlensaurem Eisenoxydul in Eisenoxyd annimmt (wenn das venöse Blut in den Lungen arteriell wird) und von

[1]) Thierchemie, S. 235.

kohlensaurem Eisenoxyd in Eisenoxydul (wenn das arterielle in den Capillargefässen venös wird), müsste man aus dem Farbstoff durch eine verdünnte Säure alles Eisen ausziehen können, was keineswegs der Fall ist; im Gegentheil, man kann die Menge desselben nicht vermindern, wenn man nicht durch eine starke Säure das Eisen und zugleich den Farbstoff angreift.

Eine abwechselnde Verwandlung des Eisens in kohlensaures Eisenoxydul und Eisenoxyd bei der Respiration ist also unmöglich.

Dazu kommt noch ein anderer Grund, der unläugbar beweist, dass das Eisen in dem an der Luft bereiteten Farbstoff, und also in dem Zustande, in welchem es im arteriellen Blute enthalten ist, nicht als Eisenoxyd vorkommt; denn erstens wird dieser Farbstoff durch concentrirte Schwefelsäure unter Wasserstoffentwicklung von Eisen befreit, was nicht geschehen könnte, wenn $Fe^2\,O^3$ in demselben angetroffen würde; zweitens bleiben, wenn alles Eisen entfernt wird, von $C^{44}\,H^{44}\,N^6\,O^6\,Fe$

$$C^{44}H^{44}N^6\,O^6$$

übrig, während $O^{4\frac{1}{2}}$ übrig bleiben müsste, wenn wirklich $Fe^2\,O^3$ mit $2\,(C^{44}\,H^{44}\,N^6\,O^{4\frac{1}{2}})$ verbunden wären [1]).

Ich halte es deshalb für ausgemacht, dass im Farbstoff nicht $Fe^2\,O^3$ vorkommen kann, sondern dieses Eisen ebenso in demselben gefunden wird, wie das Iod im Schwamm, der Schwefel im Cystin, oder, um unsere Ansicht besser auszudrücken, wie das Arsenik im Kakodyl:

$C^4\,H^{12}\,As^2$ Kakodyl.

$C^4\,H^{12}\,As^2 + O$ Alkarsin.

$C^4\,H^{12}\,As^2 + O^3 +$ aq. Alkargen.

Diese Vorstellung, welche *Berzelius* für die von *Bunsen* gefundenen Stoffe angab, kann die Verrichtung des Farbstoffs

[1]) Diese Befreiung des Farbstoffs von Eisen durch Schwefelsäurehydrat geschieht nur sehr schwer; erst durch die wiederholte Behandlung desselben mit concentrirter Schwefelsäure, ein viele Tage fortgesetztes Einweichen, Vermengung mit Wasser und langes Auswaschen kann man dieses Eisen aus demselben entfernen.

des Bluts, wenn derselbe wirklich in den Lungen Sauerstoff aufnimmt, beleuchten.

Erinnern wir uns aber an das, was vorhin bemerkt wurde über die Veränderung der rothen Farbe des venösen Bluts durch Salze, welche keinen Sauerstoff abtreten können, so sehen wir, dass wenig Grund vorhanden ist, eine chemische Veränderung des Farbstoffs in den Lungen für wahrscheinlich zu halten. Der einzige Grund, aus welchem wir diese Veränderung, diese Oxydation annehmen, ist die Röthung des Bluts in den Lungen, und diese Röthung geschieht so gut durch eine Auflösung von schwefelsaurem Natron, wie durch Sauerstoff. Dieser Grund ist also schwach, und kann den chemischen Eigenschaften, die eine Unveränderlichkeit des Zustandes, in welchem das Eisen im Farbstoff enthalten ist, andeuten, und die vorhin erwähnt sind, nicht entgegengesetzt werden.

Die Unwahrscheinlichkeit einer Oxydation des Farbstoffs in den Lungen ist durch viele alte, überall abgeschriebene Versuche, und durch einige andere, welche *Scherer* angestellt hat, noch näher bestätigt worden [1]).

Schön roth gefärbtes, frisch geschlagenes Ochsenblut, mit 2 — 3 Vol. Wasser gemengt, wird dunkelroth. Führt man Sauerstoff durch die Flüssigkeit, so behält sie die einmal angenommene dunkle Farbe. Mengt man aber ein wenig Milch, Oel, sehr feine Kreide, oder Gyps mit dem Blutwasser, so wird die Farbe wieder schön roth.

Alle diese Versuche beweisen, dass die hellrothe Farbe des Bluts von anderen Ursachen abzuhängen scheint, als von der Oxydation; die dunkelrothe von anderen Ursachen, als von der Kohlensäure oder dem Kohlenstoff. Ein Blick auf diese Versuche lehrt, dass die schön rothe Farbe mit der Gegenwart weisser, in der Flüssigkeit suspendirter Partikelchen zusammen-

[1]) Zeitschrift für rationelle Medicin, Bd. I, S. 288. Die meisten der von *Scherer* jetzt angegebenen Versuche findet man unter andern bei *Müller*, Physiologie, Bd. I, S. 310. *Simon*, Medic. Chemie, Th. II, S. 101.

hängt. Das Mikroskop hat diesen Schluss noch näher beleuchtet.

Der Farbstoff ist zum grössten Theil in den Blutscheibchen vorhanden. Schon *Hewson* hat dies und das Folgende im Jahre 1785 ans Licht gebracht [1]). Diese Scheibchen sind biconcav, wenn die Farbe des Bluts schön roth ist. Sie reflectiren dann viel Licht, und haben die Wirkung von feiner Kreide, Milch, u. s. w. Wenn die Farbe des Bluts dunkel ist, so sind die Blutkörperchen biconvex, oder ihre Hülle ist so dünn, dass sie alles Licht hindurchlassen; oder aber sie sind ganz aufgelöst und der Farbstoff ist im Blutwasser vertheilt. Dies geschieht, wenn man Wasser zu schön rothem Blut setzt. Die Blutkörperchen quellen dadurch auf, werden von biconcav biconvex, sphärisch, die Hülle wird dünner und verschwindet endlich, während der Farbstoff durch dieselbe hindurch im Blutwasser vertheilt ist.

Wenn das Wasser nicht so lange mit den Blutkörperchen in Berührung gelassen wird, sondern wenn man, nachdem die Farbe etwas dunkler geworden ist, eine gesättigte Auflösung eines neutralen Salzes hinzusetzt, so erscheinen die Blutkörperchen wieder deutlich und werden wieder biconcav. Sie ziehen sich zusammen, oder vielmehr das durch die Hülle hindurchgedrungene Wasser verbindet sich wieder durch Exosmose mit der Salzlösung, und die Farbe wird wieder schön roth. Es ist klar, dass, wenn man es zu lange verschiebt, die Salzlösung hinzuzusetzen, die rothe Farbe nicht wiederhergestellt werden kann, weil dann die Hüllen der Blutkörperchen zu sehr aufgequollen, oder gar aufgelöst und verschwunden sind. Dann können Kreide u. s. w. die rothe Farbe wiederherstellen, während, wenn Sauerstoff durch die dunkelrothe Flüssigkeit geführt wird, in dem Falle, dass die hellrothe Farbe nicht wieder zurückkehrt, auch keine Blutkörperchen mehr in der Flüssigkeit zu entdecken sind.

[1]) Vgl. *Schultz*, über die *Hewson*'schen Untersuchungen der Blutbläschen. Leipzig, 1835.

Wenn man ein Stück eines Blutkuchens mit einer Salzlösung reibt, so erhält man eine hellrothe Flüssigkeit, die, in einen Glascylinder gestellt, auf dem Boden eine schön rothe Schichte von Blutkörperchen giebt, über derselben eine schwachrothe Flüssigkeit, in welcher man keine oder sehr wenige Blutkörperchen findet.

Giesst man die oberste Schichte ab, und setzt man zur untersten hellrothen Wasser, so verschwinden die Blutkörperchen und die Farbe wird dunkelroth.

Lässt man Blut in einer Salzlösung einige Tage stehen, so wird es von schön roth dunkelroth. Es wird viel kohlensaures Ammoniak gebildet, während die Blutkörperchen ganz verändert, sackförmig und zersetzt sind.

Leitet man in frisches, schön rothes Blut, in welchem die Blutkörperchen biconcav sind, Kohlensäure, so werden sie biconvex und das Blut färbt sich dunkelroth.

Aus diesen Versuchen von *Scherer* und Anderen ergiebt sich unmittelbar der Beweis, dass bei der Respiration keine Oxydation des Farbstoffs stattzufinden braucht, und dass das Blut dennoch von dunkelroth hellroth werden kann. Zu diesen Versuchen füge ich noch einige andere durch *E. J. W. von Baumhauer* angestellte, deren Resultate ich gesehen habe.

Geronnenes und in Stücken der Luft ausgesetztes Ochsenblut wird überall roth, wo es mit derselben in Berührung ist. Taucht man solche rothe Stücke in das alkalische Serum, so werden sie wieder dunkel. Das dunkel gewordene von neuem der Luft ausgesetzt, wird wieder roth. Unter Wasser wird es wieder dunkel.

Dunkelrothes geronnenes Ochsenblut wird in einer Auflösung von Jodkalium, schwefelsaurem Natron sehr hellroth; in Salpeter, schwefelsaurem Kali, Chlornatrium ebenfalls, jedoch weniger. Unter Wasser wird es dunkler, ebenso durch eine Säure.

Hellrothe Stücke, in sehr verdünntes Kali und Ammoniak gelegt, werden bald schwarz. Das Stück quillt zugleich auf und

wird gallertig; Natron, Kalk, Barytwasser haben dieselbe Wirkung, jedoch langsamer.

Solche Stücke werden ebenfalls schwarz in Kohlensäure, in Wasser, in sehr verdünnten Lösungen von Weinsäure, Kleesäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salzsäure, Essigsäure, Salpetersäure, Borsäure. Nach der Reihe der genannten Säuren nimmt auch die Schwärzung zu; die Flüssigkeit wird hierbei dunkelroth.

Die genannten Salzlösungen coaguliren das Globulin. Säuren lösen es auf, nachdem sie es erst in eine Gallerte verwandelt haben; ebenso die Alkalien. Dies darf wenigstens vom Globulin angenommen werden, nach den Eigenschaften, welche man vom Fibrin kennt.

Suchen wir uns Rechenschaft zu geben von der in der Lunge veränderten Farbe des Bluts, in der Voraussetzung, dass der Farbstoff hierbei keine Aenderung erleidet.

Der Farbstoff ist fast ganz innerhalb dünner Membranen eingeschlossen, in den Blutkörperchen, in Zellen, die meistens mit ihren Kernen versehen sind. Die Zellmembranen dieser Zellen bestehen aus einer Proteinverbindung; kein Albumin, sondern entweder die Substanz, aus der sich Fibrin bei der Coagulation des Bluts bildet und die durch Auflösung der Membran im Serum vertheilt ist, oder eine eigene Proteinverbindung: Globulin. Dies ist für unseren gegenwärtigen Zweck gleichgültig.

Im Blut ist die beim Gerinnen des Bluts Fibrin bildende Substanz aufgelöst.

Den Proteinverbindungen, besonders der Fibrin bildenden Substanz nun ist es eigen, mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung, zwei Oxyde zu bilden:

$$C^{40} H^{62} N^{10} O^{14} \text{ und } C^{40} H^{62} N^{10} O^{15}.$$

Solch eine Verbindung findet man in der Entzündungskruste [1]). Oxydirt sich diese Proteinverbindung zu den beiden genannten Oxyden, so wird sie plastisch, wie man es nennt, sie bekommt

[1]) Siehe oben S. 327.

eine Neigung, fest zu werden, schliesst sich an feste Körper an, und legt sich wie ein dünnes Schichtchen um die Zellmembran der Blutkörperchen.

Nach der Respiration muss also die äusserste Schichte der Zellmembran der Blutkörperchen aus einer solchen Substanz bestehen, wie die, aus welcher die Entzündungskruste besteht; sie muss weniger durchscheinend, weiss sein. So verhält es sich im arteriellen Blut. In den Capillargefässen wird die äusserste weisse Schichte der Membran der Blutkörperchen zum Stoffwechsel verwendet und geht hierbei verloren; der Rest, von der weissen Schichte befreit, ist wieder durchscheinend geworden und zeigt den dunklen Farbstoff, wie er ist; während dieser dunkle Farbstoff, in den arteriellen Blutkörperchen, durch ein weisses Schichtchen hindurchscheinend, sich ebenso schön roth zeigen muss, wie in ein Gefäss von Milchglas gebrachtes dunkelrothes Blut sich schön roth zeigt, wie *Scherer* bemerkt hat [1].

Wir können uns hierbei eine andre Beobachtung zu Nutzen machen, nämlich, dass die hellrothen Blutkörperchen biconcav, die dunkelrothen biconvex sind. Es ist von der Entzündungskruste bekannt, dass sie eine Neigung hat, umgebogene Ränder zu bekommen, concav zu werden. Wenn wirklich in den Lungen eine Hülle von Proteinoxyden um die Blutkörperchen gebildet wird, so müssen die beiden Schichtchen, die an beiden Seiten des glatten Körperchens vorhanden sind, eine ähnliche Form, wie die Entzündungskruste hat, annehmen. Es erklärt sich dadurch zugleich, dass die Blutkörperchen biconcav sind. Bei der Bildung einer Entzündungskruste ist die Neigung der Speckhaut concav zu werden, so gross, dass der Blutkuchen dadurch in der Mitte gänzlich eingedrückt wird. Insoweit als folglich eine Reflexion des Lichts bei den hellrothen Blut-

[1]) Wie einflussreich der Umstand ist, dass die Farbe des Hæmatins durch thierische Gewebe hindurch scheint, lehrt uns die schöne blaue Farbe, die das dunkelbraune venöse Blut annimmt, wenn es durch Venen, Haut u. s. w. hindurchscheint.

körperchen und eine Durchlassung bei den dunkelrothen in Anschlag gebracht werden muss, ist dies gleichfalls aus demselben Princip zu erklären.

Endlich bemerkt *Scherer* mit Recht, dass man an den arteriellen Blutkörperchen keine andere Gestalt, als an den venösen beobachtet, dass aber daraus nicht folgt, dass kein Unterschied bestehen sollte, weil die dünne Schichte venösen Bluts auf den Objecttisch des Mikroskops gebracht, der Luft so sehr ausgesetzt ist, dass sie schnell in arterielles Blut verwandelt werden muss.

Die ganze Erscheinung der Röthung des venösen Bluts halte ich nicht mit *Scherer* für eine zusammengesetzte Folge des Verlustes von Kohlensäure und Wasser, der Absorption von Sauerstoff, und der Aufnahme des milchweissen Chylus des Ductus thoracicus, sondern für eine einfache Folge der Bildung von Proteinoxyd.

Auf die angegebene Weise lässt sich die dunkle Farbe des Pfortaderbluts, für welche man früher den Kohlenstoff ansprach, als wenn Holzkohle im Blut wäre, einfach aus der Natur der Zellmembran der Blutkörperchen erklären. Eine kleine Menge Kohlensäure (oder auch Alkali) im Pfortaderblut mehr erklärt die dunklere Farbe, weil die Membran der Blutkörperchen durch mehr Kohlensäure (oder mehr Alkali) mehr gallertig, durchscheinender wird.

Von verdünnten Säuren ist es bekannt, wie sie sogar Fibrin und Albumin auflösen, nachdem sie dieselben erst in Gallerte verwandelt haben [1]). Leitet man also Kohlensäure durch hellrothe Blutkörperchen, die in Wasser vertheilt sind, so muss die weisse Hülle durchscheinend, gallertartig werden und die dunkelrothe Farbe des Haematins, wie sie ist, zeigen. Obgleich diese künstlich erzeugte Veränderung die dunkelrothe Farbe des Bluts in den Capillargefässen zu erklären scheint, so hat sie doch nichts gemein mit dem, was in den Capillargefässen geschieht, wo die frei gewordene Kohlensäure sich unmittelbar

[1]) Scheik. Onderz. Deel I, p. 576.

mit dem Alkali des Bluts verbindet, ohne das Serum sauer zu machen, wie dies der Fall ist, wenn man Kohlensäure durch Blutserum leitet. Die Kohlensäure kann also im venösen Blut die Membran der Blutkörperchen nicht durchscheinend machen, und also auch keineswegs zu den Ursachen gezählt werden, aus denen das venöse Blut dunkelroth wird. Aus diesem Grunde kann man ebenfalls unmöglich die Form der Blutkörperchen in dem venösen Blut finden, welche man im Blutwasser findet, durch welches man einen Ueberfluss von Kohlensäure geleitet hat. Im venösen Blut muss man eine dünnere Membran, eine mehr runde Zelle finden; im Blutwasser, dem künstlich ein Ueberfluss von Kohlensäure mitgetheilt wurde, eine gallertige, durchscheinende Zellmembran.

Die Röthung des dunkeln Bluts endlich durch concentrirte Salzlösungen ist unzweifelhaft die Folge einer Art von Coagulation der Zellmembranen der Blutkörperchen, und steht in keinem Causalnexus mit der Röthung des Bluts durch Sauerstoff, ausser in dem Punkte, dass in beiden Fällen die Membran weiss wird. Im einen Fall aber wird sie weiss durch Oxydation und wahrscheinlich durch eine Condensation eines neuen Schichtchens auf ihrer Oberfläche; im letzteren Falle durch die Zusammenziehung oder Coagulation der Membran selbst. Die Eigenschaft des Globulins, sich durch schwefelsaures Natron, Salpeter u. s. w. zusammenzuziehen, ist wichtig. Sie ist einer der kräftigsten Beweise für die eigenthümliche Existenz des Globulins, und lehrt, dass das Globulin an dem Stoffwechsel nicht den grössten Antheil nimmt.

Ich habe anderwärts [1]) gezeigt, dass die Proteinverbindungen des Bluts in den Lungen Sauerstoff aufnehmen. Der Farbstoff des Bluts spielt bei der Respiration wahrscheinlich gar keine Rolle; die Farbe desselben wird wenigstens durch Sauerstoff oder Kohlensäure durchaus nicht, durch Stickstoffoxydul ebenfalls nicht, durch schweflichte Säure, Schwefelwas-

[1]) Scheik. Onderz. Deel I, 550.

serstoff fast nicht verändert, so wie aus Versuchen, die mit dem isolirten Farbstoff angestellt wurden, hervorging [1]), aus Versuchen, die schon früher in mir über die Oxydation des Farbstoffs in den Lungen Zweifel erweckten [2]).

Wo das Haematin entsteht und was aus demselben wird, ist nicht gleich leicht zu beantworten. Dass es ein Secret des Bläschens der Blutkörperchen ist, lässt sich nicht bestreiten, und da diese höchst wahrscheinlich aus Lymphkügelchen entstehen [3]), so geschieht die Bildung des Farbstoffs in der Sphäre der Circulation selbst, aus einem der Bestandtheile des Bluts.

Dass es wiedererzeugt wird, verloren geht und wieder ersetzt werden muss, ist von demselben so gewiss, wie von allen organischen Bestandtheilen des Körpers. Zu welchem Zweck es aber verwendet wird, ist jetzt, wo das einzige Argument für die Function desselben bei der Respiration wegfällt, ungewiss. Welche Metamorphosen es im thierischen Körper erfährt, ist folglich gleichfalls unbekannt. Es ist aber wahrscheinlich, dass die Zersetzungsprodukte desselben in der Galle gefunden werden müssen, und so verdankt vielleicht das Bilifulvin als solches seine Entstehung dem Haematin, welches seinen Zweck im Körper erfüllt hat.

Eine rasche Wiedererzeugung desselben ist nicht wahrscheinlich; fast ganz in Bläschen eingeschlossen, tritt es nur dann nach aussen, wenn die Wandungen dieser Bläschen aufgelöst werden. Die Blutkörperchen nun haben, wie es scheint, einen hohen Grad von Beständigkeit.

Eine letzte Frage, die zu beantworten wäre, ist, ob es frei von jeder Verbindung, oder chemisch verbunden in den Blutkörperchen vorhanden ist?

Wir haben eine Verbindung von Proteinschwefelsäure mit eisenfreiem Haematin kennen gelernt, eine durch Schwefelsäure

[1]) Bulletin, 1839, p. 79. [2]) Bulletin, 1839, p. 82.

[3]) *Julius Vogel* spricht davon, eine Bildung von Blutkörperchen in Fungus medullaris gesehen zu haben: Icones Histologiae pathologicae, Tab. 5. Ich finde es unwahrscheinlich.

aus dem Blut ausgeschiedene constante Verbindung. Aus diesem Grunde ist es wahrscheinlich in den Blutkörperchen mit einem Proteinkörper chemisch verbunden, was noch näher bestätigt wird durch die Kraft, mit welcher durch die Wärme coagulirtes rothes Serum den Farbstoff zurückhält u. s. w.

Welche Verbindung es aber in den Blutkörperchen eingeht und wie es sich physiologisch verhält, ist unbekannt.

Was oben über den Farbstoff des Bluts mitgetheilt wurde, soll nur dazu dienen, die gegenwärtige Ansicht über die Verrichtung desselben zu modificiren; es ist wahrscheinlich keine Substanz, die eine Hauptrolle im Organismus spielt, und ihre Behandlung gehört deshalb eigentlich nicht hierher. Man hält sie aus einem chemisch-physiologischen Gesichtspunkte für wichtig, was sie wahrscheinlich nicht ist.

Die hier aufgezählten Stoffe setzen, für so weit wir wissen und mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, das Pflanzen- und Thierreich in ihren Hauptbestandtheilen zusammen. Allein die Zahl der Substanzen, die weiter in den beiden Reichen vorkommt, ist fast unzählbar. In den Pflanzen findet man verschiedenartige Säuren, Basen, Farbstoffe, stickstofffreie Substanzen, bittere Stoffe, flüchtige Oele, Harze; allein es sind dies keine allgemeine Pflanzenbestandtheile. Wir kommen also auf diese zurück, wenn wir von den verschiedenen Functionen der Pflanzen handeln werden, von den Functionen, durch welche sie erzeugt werden. Unter den thierischen Substanzen giebt es ebenfalls viele, die eine interessante Rolle in der Function irgend eines Organs spielen; bestimmter gehören hierher die abgesonderten Stoffe; sie sind Zersetzungsprodukte der allgemeinen, im Thierkörper vorkommenden Substanzen, und verdienen also eine besondere Betrachtung. Von diesen handeln wir am Orte jener Functionen.

VII.

Mit eigenthümlichen Formen versehene Bestandtheile der organischen Natur.

Elementarform organisirter Theile.

Im vorhergehenden Kapitel haben wir die allgemeinen Baustoffe der organischen Natur verfolgt, und wenn wir gleich daselbst immerfort zurückwiesen auf die eigenthümliche Form, in welcher sie auftreten, so verdient diese Form doch eine besondere Betrachtung, und zwar vor allen Dingen die Form, in der die Stoffe auftreten, welche die kleinsten Theilchen der Organe zusammensetzen und welche bald einfache organische Körper, bald Verbindungen mehrer unter einander sind.

Das Eigenthümliche organisirter Theile besteht darin, dass sie einer bestimmten Function vorstehen. Dieses Hauptkennzeichen stellt dieselben gewisser Maassen den organischen gegenüber, deren Verharrung in dem einmal erhaltenen Zustande — vorausgesetzt, dass kein Einfluss von Aussen sie aus diesem Zustande herausbringt — ebenso unzertrennlich mit ihrer Existenz verbunden ist, wie die mit der Verrichtung einer Function im Zusammenhang stehende, fortwährende Veränderung mit der Existenz organisirter Theile.

Was man unter Function zu verstehen habe, bedarf keiner Erläuterung. In der allgemeinen Bedeutung ist sie eine Aeusserung einer Thätigkeit, möge nun diese Thätigkeit eine neue Substanz erzeugen, oder nur eine einfache Bewegung sein. Solche Aeusserungen, von welcher Art dieselben auch sein mögen, kommen nicht nur den Massen lebender Theile zu, sondern sie sind auch unzertrennlich von jedem organisirten Molecüle, das eine Masse bilden hilft, — eine Masse, die als selbständiges Ganze auftreten und Verrichtungen vollführen kann,

welche als die Summe der Verrichtungen der Molecüle zu betrachten sind (S. 95).

Wenn wir einen Blick werfen auf die Baustoffe der organischen Natur, und bemerken, wie klein die Anzahl derselben ist, mit wie wenigen Mitteln eine tausendfache Verschiedenheit erzielt wird, so liegt, wie es scheint, der Schluss auf der Hand, dass die Materie als solche keineswegs im Stande ist, durch ihre chemischen Eigenthümlichkeiten diese Verschiedenheit zu erzeugen. Die Pflanzenstoffe, welche dem Scheine nach dieselben sind, zeigen sich nicht nur unter sehr verschiedenen Formen, sondern sie bringen auch im Papaver ganz andere Stoffe hervor, wie im Akonit oder in der Eiche, erzeugen in verschiedenen Organen derselben Pflanze ganz andere Produkte und äussern sich dabei auf ganz verschiedene Weise. Ebenso verhält es sich mit den Hauptbestandtheilen des Thierreichs.

So sehr aber auch die Beobachtung von materieller Identität und vitalen Unterschieden einer Substanz uns zu dem Schlusse zu führen scheint, dass eine Function keineswegs eine Kraftäusserung einer chemischen Substanz als solcher sein kann, ebenso deutlich lässt es sich zeigen, dass am Ende doch alle Grundursachen der von etwas Materiellem ausgehenden Wirkungen auf Eigenthümlichkeiten der Substanz selbst zurückgeführt werden müssen.

Eine Function ist in der allgemeinsten Bedeutung eine Aeusserung irgend einer Erscheinung. Wenn die Materie mit den ihr einwohnenden oder in ihr zu erregenden Kräften zu dieser nur unter bestimmten, von der Materie angenommenen Formen fähig ist, dann ist die Form eine ebenso unumgängliche Bedingung zur Darstellung der Function, wie die Natur der Materie, welche diese Form annimmt. Ist ein pflanzliches oder thierisches Gewebe durch mechanische Gewalt zerstört, eine einzelne Zellmembran durch einen spitzen Körper zerrissen, so hört die Function des Gewebes, der Zellmembran von jenem Augenblicke an auf, die normale Wirkung zu äussern, sich zu bethätigen.

Eine in den letzteren Jahren angestellte glückliche Naturbetrachtung hat gelehrt, dass in der organisirten Natur die Form ein ebenso wesentliches Erforderniss zur Bethätigung der Function ist, wie die Materie, die in dieser Form auftritt. Durch kleine materielle Unterschiede sieht man verschiedene Formen entstehen, durch kleine Unterschiede in der Form materielle Verschiedenheit erzeugt werden. Form und Materie, Materie und Form sind bei den Thätigkeitsäusserungen der organischen Natur so innig verbunden, dass man kaum im Stande wäre zu bestimmen, welche von beiden erste und welche zweite Bedingung ist. Mit Recht forscht man demnach mit bewaffnetem Auge bis in die kleinsten Einzelnheiten nach dem Bau grosser Organe, um die Gewebe zu beobachten, die feinere Struktur kennen zu lernen, — mit anderen Worten, um die Formen zu studiren, unter denen Körper, die chemisch identisch zu sein scheinen, bei dieser scheinbar materiellen Identität durch ihre formelle Verschiedenheit ganz andere Erscheinungen erzeugen.

Wenn wir aber etwas tiefer in die Entstehung der formellen Unterschiede bei chemisch scheinbar identischen Stoffen eindringen, werden wir durch eine unbestreitbare Wahrheit, die von gleichen Ursachen gleiche Folgen erwartet, gewisser Maassen von selbst zu dem Schlusse geführt, dass dieselbe Materie keine verschiedene Form annehmen kann, und also wirklich bei verschiedener Form materielle Verschiedenheit bestehen muss. Diese Unterschiede aber können von sehr verschiedener Natur sein, und sind dies auch wirklich. Eine allgemein in dem Pflanzen- oder Thierreich vorkommende Substanz, die Cellulose z. B., wird durch die geringfügigsten fremdartigen Beimengungen wesentlich verschieden, und aus dieser Verschiedenheit allein erklären sich Unterschiede in der Form, die sonst in dem Maasse von dem, was wir in der Natur zu beobachten gewohnt sind, abweichen, dass wir geneigt sein würden, zu glauben, sie ständen mit der Natur im Widerspruch.

Solcher Verschiedenheiten nun aber giebt es eine grosse Menge.

Zur Entstehung derselben tragen ohne Zweifel viele der sogenannten anorganischen Bestandtheile der organischen Körper Vieles bei. Wenn doch in derselben Pflanzencellulose, welche die verschiedenen Arten von Zellenreihen zusammensetzt, ein kleiner Unterschied in dem Gehalt an Kalk, Talkerde, oder welcher Basis es auch sei, angetroffen wird, dann ist die Substanz, aus welcher die eine Reihe gebildet wird, der, aus welcher die übrigen Zellenreihen gebildet sind, nicht mehr gleich, vorausgesetzt, dass dieser Kalk, diese Talkerde u. s. w. chemisch mit der Cellulose verbunden sind. Dass wirklich solche kleine Mengen der bisher genannten anorganischen Stoffe mit derselben Cellulose in den Zellenreihen der Pflanzen innig verbunden sind, ergiebt sich aus der Schwierigkeit, mit der man diese Basen aus Papier und holzartigen Stoffen entfernt. Wenn man auch das Papier wiederholt mit Salzsäure auszieht, hinterlässt es doch stets eine wägbare Quantität Asche, welche praktischen Chemikern oft ein unüberwindliches Hinderniss entgegensetzt. Diese Asche ist bei verschiedenen Arten organischer Gewebe verschieden, und zweifelsohne verschieden bei den verschiedenen Arten von Elementarformen, durch welche die Pflanzengewebe zu Stande kommen.

Wenn also in den Pflanzen von derselben Cellulose sehr verschiedene Zellenreihen gebildet werden, irren wir uns doch, wenn wir annehmen, dass die Substanz, aus welcher diese verschiedenen Formen bestehen, dieselbe ist. Die chemische Spannung, welche bei jeder Basis, bei jeder verschiedenen Menge derselben Basis verschieden ist, erzeugt eine andere Wirkung, als wenn eine andere Basis oder eine andere Menge derselben Basis mit derselben Cellulose verbunden ist; eine Wirkung, welche sich zunächst dadurch charakterisirt, dass dieselbe Cellulose unter verschiedenen Formen auftritt, und anderntheils dadurch, dass dieselbe Cellulose einen verschiedenen Einfluss auf andere Körper ausübt, und folglich ebenso verschiedene Produkte erzeugt, welche durch jene verschiedenen Formen entstehen.

Dasselbe, was von der Pflanzencellulose gesagt wurde,

gilt auch von den thierischen Stoffen. Das leimgebende Gewebe nimmt unter diesen eine erste Stelle ein. Eine seröse Membran, das Gewebe der Haut, das Zellgewebe unter der Haut und dasjenige, welches die Knochen zusammensetzt, sind alle vier aus leimgebenden Geweben zusammengesetzt. Bei vollkommener Identität der Substanz, die unter diesen vier äusseren Formen auftreten kann, verschwindet auch jeder Unterschied in der Form und in der Function. Umgekehrt, wo Form und Function verschieden sind, muss auch ein chemischer Unterschied bestehen, sei es nun in der Zusammensetzung, sei es in der Constitution der Substanz. Das leimgebende Gewebe, wo es auch immer in dem Körper angetroffen werden mag, ist, was die Constitution desselben betrifft, überall das nämliche; was die Zusammensetzung betrifft, gleichfalls; was wir aber **Beimengungen** zu nennen pflegen, ist für die verschiedenen Gewebe, aus welchen die Substanz genommen wird, verschieden, und deshalb darf man sie organisch nicht immer dieselbe thierische Substanz nennen. Ein kleiner Unterschied in dem thierischen basisch-phosphorsauren Kalk ($3\ P^2\ O^5 + 8\ Ca\ O$) macht sie jedesmal zu einer anderen chemischen Substanz im thierischen Körper, verbindet ihre Elementartheilchen unter einander auf eine verschiedene Weise, so dass sie sich als ein anderes Ganze zeigt, andere Functionen verrichtet und also die Unterschiede entstehen, die von einer und derselben Substanz nicht herrühren können.

Die Chemiker müssen also jetzt — nun man in der organischen Natur so sehr verschiedene Formen durch dieselben mit verschiedenen anorganischen Substanzen verbundenen organischen Stoffe entstehen, nun man durch dieselbe organische Gruppe so sehr verschiedene Functionen erzeugt werden sieht — danach streben, sich zu den bis jetzt vernachlässigten **Beimengungen** herabzulassen, die bei allen unseren Analysen stets mit dem verächtlichen Namen **Asche** aufgeführt werden. Wenn man die Elementargewebe isolirt und diese Asche untersucht, so wird jene mystische Behauptung, die jetzt

— der Wissenschaft zum grossen Nachtheil — mehr und mehr um sich greift, dass nämlich gleiche Substanzen ungleiche erzeugen, fallen, und so wird einmal jenem gierigen Haschen nach Identität, welches einige Chemiker jetzt so ganz beherrscht, eine richtige Grenze gesteckt werden. Es ist wahr, die Baustoffe der organischen Natur sind der Zahl nach wenige, aber die Quantität der Beimengungen anorganischer Bestandtheile ist ebenso unendlich verschieden wie ihre Natur, und daher sind die Baustoffe selbst, so wie sie in der organischen Natur vorkommen, gleichfalls unendlich verschieden.

Ich wiederhole hier nicht, was früher (S. 326) über den Unterschied zwischen Eiweiss und Faserstoff des Bluts bemerkt wurde, — ein Unterschied, der nur in 0,3% Schwefel besteht und durch welchen allein diese Körper so durchaus verschieden sein können; noch dasjenige, was (S. 71 und 82) von der verschiedenen Anordnung derselben organischen Molecüle gesagt wurde, wonach ein Körper hinsichtlich des Verhaltens zu Reagentien und der Zusammensetzung leicht mit anderen identisch sein, aber dennoch dynamisch chemisch von denselben wirklich verschieden sein kann. Ich weise aber auf die angeführten Stellen zurück, weil diese polymorphischen Zustände organischer Substanzen, die wir beobachten, auch aus dem dort Angeführten erklärt werden können, so dass also nach meiner Ueberzeugung keine verschiedene Form irgend eines Gewebes in der organischen Natur angetroffen wird, der nicht ein wesentlicher chemischer Unterschied in den das Gewebe zusammensetzenden Stoffen zu Grunde liegt.

Die unschätzbaren mikroskopischen Forschungen der letzten Jahre haben erwiesen, dass Organe von gleicher Function gleichartige Gewebe, von verschiedener Function ungleichartige Gewebe besitzen. Hieraus schliesst man also mit Recht, dass die Form der Theile, aus welchen ein Organ entsteht, oder durch welche eine Function zu Stande kommt, mit der Verrichtung selbst in engem Zusammenhang steht, und dass umgekehrt diese Verrichtung von der Form abhängt. Ist nun in der That

die Form von der Materie und den der Materie einwohnenden Kräften abhängig, so hängt von diesen auch die Function ab. Materie, Form und Function gehen demnach in der organischen Natur Hand in Hand. Wo die eine verschieden ist, sind nothwendiger Weise auch die andern verschieden.

So wahr diese Betrachtung auf alle Verrichtungen von Pflanzen und Thieren im gesunden Zustande ausgedehnt werden kann, so wahr ist sie auch für alle krankhafte Zustände irgend eines Organs oder des ganzen Organismus. Es ist nicht anders: der Zusammenhang, der zwischen den verschiedenen Organen des thierischen Körpers durch Nerven und Gefässe, des pflanzlichen und des thierischen durch Zellenreihen bedingt wird, ist der Art, dass der Wunsch *Bichat's* wohl niemals erfüllt werden wird, dass man den Organismus einmal in solche einfache Theile möchte eintheilen können, mit denen man ebenso einfache Begriffe der Lebensthätigkeit verbinden könnte, wie man die Begriffe der Schwere, Elasticität u. s. w. an anorganische Gegenstände knüpfen kann. Wenn aber auch niemals, wegen der innigen Verbindung, durch welche die Theile eines organischen Ganzen zusammenhängen, diese Einfachheit möglich ist: wir können uns derselben doch nähern, und nähern uns derselben schon wirklich in unserer Zeit, in welcher man nun angefangen hat, Form, Materie und Function in ihren Verhältnissen zu einander zu betrachten.

Desshalb geschieht in diesem Versuche mit einigen Worten der Elementarformen der organischen Theile Erwähnung. Wo uns für jetzt die Kenntniss der ebengenannten Verhältnisse zwischen Materie, Form und Function mangelt, — und das ist leider noch häufig der Fall — da wird es doch nützlich sein, die Formen kennen zu lernen, wenn es auch nur als eine Ergänzung der chemischen Geschichte eines organischen Körpers wäre. Der Chemiker darf im leimgebenden Gewebe nicht bloss Leim, der Histolog nicht bloss Fasern von einer bestimmten Form sehen. Es scheint mir für Chemiker eben so nothwendig, die Elementarformen der Gewebe zu kennen, wie man vom Alaun wissen muss, dass er ein Oktaëder ist.

Den Forschungen von *Schleiden* [1]) und *Schwann* [2]) verdanken wir vorzugsweise die Bekanntschaft mit den einfachen Grundformen der organisirten Theile von Pflanzen und Thieren, welche Kenntniss, wenn sie gleich jetzt eine eigene Lehre bildet, hier kurz vorgetragen werden muss.

Der ganze Organismus besteht nämlich aus einer grossen Anzahl kleiner Theilchen, die in ihrem Sein und Werden bei Pflanzen und Thieren übereinstimmen, sich aber nach bestimmten verschiedenen Regeln mit einander verbinden, und also nicht nur in diesen beiden Naturreichen Unterschiede zeigen, sondern sogar für die verschiedenen Organe, deren integrirende Theile sie sind, in derselben Pflanze oder in demselben Thiere verschieden sind. Diese dem bewaffneten Auge sichtbaren kleinen Theilchen, sind also in der Form und Entwicklung identisch, aber ihre Verbindungen sind verschieden und also auch ihre Aeusserungen, weil die Materie, aus welcher sie bestehen, verschieden ist.

Zu den ersten Aeusserungen derselben gehören ihre gegenseitigen Verbindungen und die Metamorphosen, welche sie durch den Einfluss, den sie auf einander ausüben, erleiden. Die verschiedene Materie, aus welcher sie in Pflanzen und Thieren und in den verschiedenen Organen derselben bestehen, ist — wenn gleich diese Materie vorzugsweise zweifach ist — Ursache, dass dieselben in ihrer Zusammensetzung als gänzlich verschiedene Massen auftreten, als Massen, deren Thätigkeitsäusserungen ebenso verschieden sind, wie die Verbindungen derselben Elementarformen unter einander.

Wo man in dem Pflanzen- oder Thierreich Gewebe antrifft, sind diese nichts Anderes, als Gruppen derselben Elementarformen, unter denen organische Stoffe auftreten können. Die Verrichtungen dieser Gewebe sind verschieden, und somit auch die Gruppirung der Elementarformen.

[1]) *Schleiden*, in *Müller's* Archiv, 1838, S. 137. Beiträge zur Phytogenesis.
[2]) Mikroskopische Untersuchungen, Berlin 1839.

In der Kenntniss der zu einem Ganzen verbundenen organischen Theile, die einer zusammengesetzten Function vorstehen, hat man demgemäss zu unterscheiden: die Grundformen, welche die organischen Stoffe annehmen, die Art, in welcher diese Grundformen verändert werden, und die Verbindungsweise der abgeleiteten Formen. Letzteres nennt man Gewebelehre.

Die Grundformen, welche organische Stoffe annehmen, wenn sie organisirt werden, sind meistens, nach Einigen sogar immer, kleine Bläschen, die nur mit dem bewaffneten Auge erkannt werden können. Man nennt sie Elementarzellen, Kernzellen, primaire Zellen. Dies sind die ursprünglichen Formen, durch welche, wo nicht alle, doch die meisten Gewebe zu Stande zu kommen scheinen. In ihrer einfachsten Form, unter der sie in sich entwickelnden pflanzlichen und thierischen Theilen angetroffen werden, sind sie kleine, mikroskopische, mit einer Flüssigkeit gefüllte Bläschen. Die Flüssigkeit ist oft körnig, das Bläschen aus einer dünnen Membran gedildet, in welcher man bei thierischen Zellen ziemlich allgemein, bei pflanzlichen meistens nur in jugendlichen Zellen, einen Kern unterscheidet. Durch diese bei Pflanzen und Thieren in so vielen Geweben vorkommende Grundform unterscheiden sich die organisirten Materien von den nicht organisirten, aus dieser entstehen die verschiedensten organisirten Körper, kurz sie bildet und erhält die ganze organische Natur.

Diese fast allgemeine Verbreitung derselben Grundform, welche die verschiedensten chemischen Körper annehmen können, wenn sie organisirt werden, ist höchst bemerkenswerth. *Schleiden* und *Schwann* haben dieselbe, ersterer in pflanzlichen, letzterer in thierischen Theilen gesehen, und keinen wesentlichen Unterschied zwischen denselben bemerkt. In allerlei thierischen Flüssigkeiten hat man sie erkannt, z. B. im Blut in den Blutkörperchen, in der Lymphe, im Schleime, im Eiter, in fast allen festen Theilen des Körpers. Sogar der Keimen eines neuen Individuums ist nichts Anderes als ein solches mit

Flüssigkeit gefülltes und mit einem Kern versehenes Bläschen. Eine Menge Naturforscher, unter denen vorzugsweise *Purkinjé*, *Valentin*, *Henle*, *Turpin*, haben den Weg zu dieser Entdeckung für *Schleiden* und *Schwann* gebahnt, welche dieselbe in ihrer grössten Allgemeinheit vorgetragen haben und feststellten, dass durch das bewaffnete Auge in allen werdenden organisirten Körpern stets unverändert dieselbe Grundform gesehen wird, aus welcher sich später Alles entwickelt.

Bei der Untersuchung dieser Elementarzellen hat man erfahren, dass wenn die Wand derselben durch irgend ein Lösungsmittel gelöst wird, der Kern meistens zurückbleibt. Dieser Kern hat also eine selbständige Existenz; man nennt ihn Cytoblast, Nucleus. Er ist manchmal durch ein, zwei oder mehre dunkele Pünktchen ausgezeichnet, welche man Nucleoli nennt. Ueber die Natur dieser Nucleoli ist man zweifelhaft, und man kann nicht bestimmen, ob sie Oeffnungen, Bläschen oder solide Kügelchen sind. Sie liegen an der inneren Wand des Kerns.

Die Kerne selbst werden für kleine Zellen gehalten; sie sind mit der Zelle verbunden und bilden einen wohl zu unterscheidenden Theil derselben.

Die Zellen selbst sind mit einer dünnen oder dickeren Flüssigkeit umgeben, welche, wenn das Gewebe älter wird, stets consistenter und endlich fest wird, und die Substanz darstellt, durch welche die Zellen unter einander verbunden werden.

Die Art und Weise, auf welche die Hauptformen des organischen Reichs entstehen, wird folgender Maassen gedacht. Man sieht in einer formlosen, dickflüssigen, bisweilen halb gallertigen Masse, welche Cytoblastem genannt wird, und in der die Stoffe zur Zellenbildung vorhanden sind, kleine runde Körnchen entstehen (Nucleoli); auf diese wird eine Schicht feiner körniger Substanz abgelagert, welche stets dicker wird, und den Kern (Nucleus) bildet, ein ovales oder rundes kleines Körperchen, dessen Oberfläche meistens undurchsichtig und körnig ist, und selbst für ein Bläschen, also für eine kleine Zelle ge-

halten wird. Von der Oberfläche dieses Kerns erhebt sich ein Bläschen, wie das Segment einer Kugel. Dieses Bläschen ist sehr dünn und durchsichtig, ist erst kleiner als der Kern, dehnt sich aber bald aus, und wächst dermaassen, dass der Kern an der Innenwand des ausgewachsenen Bläschens als ein kleines Körperchen zurückbleibt. Die zur Bildung dieses Bläschens nöthige Substanz wird vom Cytoblastem geliefert und durch den Kern zu einem Bläschen verarbeitet. Das Kernkörperchen (Nucleolus) wird demnach zuerst gebildet; der Keimen desselben muss in dem Cytoblastem, der zähen organischen Flüssigkeit vorkommen; das Sichtbarwerden des Nucleolus ist die erste Spur von Organisation, ist die Entstehung eines kleinen unterscheidbaren Körperchens, auf dessen Oberfläche körnige Substanz aus dem Cytoblastem abgelagert wird, um dadurch ein kleines schaffendes Organ, den Kern (Nucleus) zu Stande zu bringen. Der Kern verarbeitet die Substanz des Cytoblastems zu einer seiner Oberfläche aufgeschichteten granulösen Substanz, aus welcher die Zellmembran geboren wird, welche, indem die granulöse Masse des Cytoblastems sich mehr und mehr auf der Oberfläche des Kerns verdichtet, zugleich ausgedehnt, mit einer Flüssigkeit gefüllt und vergrössert wird, und in ein Bläschen übergeht, in welchem der Kern eingeschlossen bleibt, der das Bläschen aus dem Cytoblastem abgeschieden hat; der Kern bleibt mit dem Kernkörperchen an einer Stelle der Zellwand befestigt, während die Zelle mit einer je nach der Art der Organe, welche aus denselben entwickelt werden, verschiedenen Flüssigkeit gefüllt wird.

Wenn zwei Nucleoli nahe bei einander liegen, so fliesst die granulöse Substanz, die von beiden gebildet wird, zusammen, und verhärtet sich gemeinschaftlich; jeder Nucleolus fährt fort, seine Substanz abzuscheiden, da aber die äusserste Schicht derselben eine gemeinschaftliche geworden ist, und aus dieser die Zellenkernwand entsteht, wird eine Zelle mit einem Kern und zwei Kernkörperchen gebildet.

Die bisher erwähnte, von *Schleiden* und *Schwann* angege-

bene, von *Henle* [1]) und Anderen aber nicht völlig anerkannte Zellenbildung, setzt voraus, dass stets ein Kern in den Zellen enthalten sein muss. Es giebt aber viele Zellenreihen, in deren Zellen man bei ihrer Entstehung keinen Kern bemerkt, oder in deren Kernen man keine Kernkörperchen findet, z. B. bei den Kryptogamen, und nach *Meyen* sogar auch bei vielen Phanerogamen [2]), und auch bei thierischen Zellen hat man solche gefunden, was *Schwann* durch eine Absorption des Kerns oder der Kernkörperchen nach der vollkommenen Ausbildung der Zelle erklärt.

Diese und andere Beobachtungen vertheilen die Botaniker und Zoologen gegenwärtig noch sehr in der Annahme der erwähnten Erklärung der Zellenbildung. Diejenigen, welche sich mit der Entwickelungsgeschichte thierischer Gewebe beschäftigen, sind in der Regel viel grössere Freunde der *Schleiden-Schwann*'schen Ansicht, als die Botaniker, in so ferne nämlich, als sie Kerne als die Erzeuger von Molecülengruppen betrachten, wenn diese Kerne auch im thierischen Organismus nicht immer Zellen, sondern im Gegentheil oft andere Formen erzeugen. Und so schwer es hält, bei vielen Pflanzenzellen Kerne zu finden, so leicht ist dies bei den im Werden begriffenen thierischen Geweben. In thierischen Elementartheilen, die schon lange die Zellenform verloren, und ihre Form gänzlich geändert haben, trifft man sehr häufig noch die Ueberreste von Kernen.

Es giebt Botaniker, die des Zellenkernes, als des ersten und wirksamen Theilchens gar nicht erwähnen, oder ihm doch keinen Werth beilegen. *Mirbel* z. B. nimmt an, dass in einer schleimigen Substanz, welche körnig und gallertig wird, und die er Cambium nennt (es ist *Schleiden's* Cytoblastem), Flocken

[1]) Lehre von den Mischungs- und Form-Bestandtheilen des menschlichen Körpers, Leipzig 1841, S. 154.

[2]) Wiegmann's Archiv, 1839. Bd. II, S. 19.

gesehen werden, die sich bei näherer Betrachtung als Höhlen darstellen (er nennt es zellenförmiges Cambium). Diese Höhlen werden grösser und stellen die Zellen dar. Das Cambium zeigt sich überall innerhalb und ausserhalb der Zellen; es wird aus den am meisten verarbeiteten Pflanzensäften gebildet, und in holzigen Gewächsen, bei den Dicotyledonen innerlich durch die Rinde ausgeschwitzt.

Mirbel's Erklärung von der Zellenbildung verdient kaum den Namen einer Erklärung. Der Ausdruck: am meisten verarbeitete Pflanzensäfte, der nichts bedeutet, bringt uns hier nicht weiter. *Mirbel* spricht indess nicht von einem wirksasen kleinen Organ der Zelle selbst, nicht von dem Kern als solchem, und verwirft also stillschweigend, was *Schleiden* und *Schwann* über die Zellenbildung festgesetzt haben. *Jussieu* und Andere bringen einfach den Kern zum Inhalt der Zelle, und legen ihm als schaffendem Organ also gar keinen Werth bei. Ich habe viel zu wenig Erfahrung in diesen Dingen, um hier ein einigermaassen entscheidendes Urtheil fällen zu können.

Was das Cambium betrifft, so sind demselben in den verschiedenen Perioden der Wissenschaft in den letzten Jahren verschiedene Namen beigelegt worden. In den Krautpflanzen ist es der Nahrungsstoff sehr vieler Pflanzenorgane und verdient besondere Beachtung. In anderen Gewächsen hat es andere Eigenschaften, als in den Krautpflanzen, und zwar verschiedene für jedes Pflanzengeschlecht und jede Pflanzenart. Deshalb kann man in demselben die allgemeinen, aber auch die besonderen in den Pflanzen vorhandenen Stoffe finden.

Gewöhnlich ist das Cambium halb durchsichtig, mit kleinen Kügelchen gefüllt. *Mirbel* und *Payen* nennen dasselbe *matière globulo-cellulaire* [1].

In jugendlichen und in allen Krautpflanzen ist es sehr stickstoffreich, durch aufgelöstes Eiweiss, Legumin (?) u. s. w. Die Grundsubstanz der Cellulose kommt in demselben als Dextrin

[1]) Comptes rendus, 16 Jan. 1843, p. 98.

vor; weiter Stärkmehl, Gummi, Zucker, Mannit, endlich vielleicht die Stoffe, welche in Schichten auf die Zellwand abgelagert werden, die Extractivstoffe, Salze, Säuren u. s. w.

Es erhellt also, dass die Bedeutung des Wortes Cambium für die Pflanzen dieselbe ist, wie die von Cytoblastem für die ganze organische Natur: eine Substanz, in welcher die Stoffe enthalten sind, aus welchen sich Zellen bilden können.

So viel darf man von derselben für ausgemacht halten, dass bei den Pflanzen Cellulose in löslicher Form einen Hauptbestandtheil derselben bildet, und somit Dextrin, während im thierischen Organismus Protein-Bioxyd und Tritoxyd vielfache Veranlassung zur Zellenbildung geben. Im Cytoblastem der Pflanzen findet man somit als wirksame Substanz Dextrin, in dem der Thiere häufig Protein-Bioxyd und Tritoxyd.

Mohl hat gleichfalls ein Paar von *Schleiden's* obenerwähnten Beobachtungen abweichende Bemerkungen über den Zellenkern mitgetheilt [1]. Nach *Schleiden* wächst die Zellmembran aus dem Kern, und der Kern bildet fort und fort einen Theil der fertigen Zellwand; während *Mohl* meint, dass der Kern von der Zellwand wie von einer Blase eingeschlossen wird, und sich selbst bei der Entstehung der Zelle bisweilen in einiger Entfernung von der Wand, und nicht in der Wand befindet. In solchen Fällen hat der Kern also keine unmittelbare Gemeinschaft mit der Zellmembran. Andererseits glaubt *Schleiden*, dass die erste Zellmembran die ist, welche später die äusserste Haut der Zelle darstellt, während *Mohl* im Gegentheil die erste Zellmembran für den Primordialschlauch hält, der später gänzlich verschwindet (siehe unten Zellwand). In diesem Primordialschlauch doch sieht *Mohl* den Kern, der Kern liegt in oder an der Wand desselben, und trennt sich später von demselben, oder es gehen

[1]) Bot. Zeitung, 19. April 1844. In der bot. Zeitung vom 12. April 1844 kommt eine kurze Mittheilung über die Dissertation von *H. Karsten*, de cella vitali vor, in welcher *Schleiden's* Theorie gleichfalls verworfen wird. Ich habe dieselbe vor dem Druck dieser Seiten nicht erhalten können.

von dem Kerne mit einer schleimigen Hülle Fäden aus, die den Kern mit dem Primordialschlauch verbinden, so dass der Kern manchmal in der Mitte der Zelle gefunden wird, wie eine Spinne in ihrem Gewebe. In anderen Fällen ist der ganze Raum zwischen dem in der Mitte der Zelle liegenden Kern und der Zelle selbst mit bläschenförmigen Theilen gefüllt, deren Wandungen aus derselben schleimigen so eben genannten Substanz bestehen, aus welcher auch die erwähnten Fäden zusammengesetzt sind [1]).

Nach *Mohl's* Ansicht ist also das Kernkörperchen nicht der Erzeuger des Kerns, der Kern nicht der Erzeuger der Zellmembran.

Eben diese Beobachtungen finden wir auch bei *Valentin* [2]), nämlich die, dass der Kern in einigen thierischen Geweben nicht unmittelbar mit der Zellwand zusammenhängt, sondern dass von demselben sternförmig Fäden ausgehen, durch welche allein sie mit der Zellwand oder anderen angrenzenden Theilen Gemeinschaft haben kann.

Die Function der Kerne bei der Zellenbildung ist also noch ungewiss.

Bergmann [3]) hat weiter bei den Eiern des Frosches und Salamanders beobachtet, dass der Dotter im Anfang der Entwicklungsperiode überall aus gleich grossen Körnchen besteht, die sich erst zu einigen grösseren Gruppen schaaren, sich dann mehr vertheilen und kleinere Gruppen bilden, durch eine zähe Substanz unter einander verbunden und endlich durch ein Bläschen umgeben werden, welches die Zellwand ist. Bei einer solchen Zellenbildung in den genannten Eiern giebt es nicht ein, sondern viele Kernkörperchen, und sind diese zusammen die Theilchen, aus welchen der Zelleninhalt gebildet wird, während die Zellwand selbst wahrscheinlich aus dem zähen Bindungs-

[1]) Siehe unten Zellwand.

[2]) Wagner's Phys. Wörterbuch, S. 625.

[3]) Müller's Archiv, 1841. S. 92.

stoff, welcher die kleinen Körnchen vereinigt, entsteht. Bei einer solchen Vorstellung der Zellenbildung in den genannten Eiern, welche gänzlich von der von *Schwann* für thierische und pflanzliche Gewebe angegebenen abweicht, ist das Kernkörperchen nicht das alles bildende Theilchen: Kern, Zelleninhalt und Zellwand; sondern eine Zelle ist ein organisches Agglomerat von einer Menge kleiner körniger Theilchen, deren Grösse 0,001 bis 0,002 einer Linie beträgt, und aus deren Verbindung auf die oben angegebene Weise eine Primitivzelle geboren wird [1]).

Die Gegenwart dieser kleinen Körnchen, aus welchen sich Zellen bilden, ist — was man auch von dieser Zellenbildung denken möge, ob man in derselben ein Mutter-Kernkörnchen annehme, oder mehre, ob das Bläschen sich aus dem Kern entwickelt oder aus einem Agglomerat von Körnchen, das denselben umschliesst — keinem Zweifel unterworfen. Man findet diese Körnchen überall, wo neue Zellen entstehen werden. Sie sind also bis jetzt die kleinsten bekannten organisirten Theilchen und als die Grundformen aller organisirten Massen zu betrachten, weil sie zur Zellenbildung nothwendig scheinen, und dieselben entweder erzeugen helfen, oder sie wirklich erzeugen. Die Zellen nun müssen als Baustoffe der Gewebe in Pflanzen, und in vielen Geweben auch als solche bei den Thieren betrachtet werden.

Die Körnchen, welche Elementarkörnchen genannt werden, haben eine verschiedene Gestalt. Man kennt sie zwar bis jetzt organisch, oder chemisch nicht genug, um dieselben ordnen zu können, oder um die Form und Zusammensetzung unter einander in Zusammenhang zu bringen. Man hat aber wichtige Formunterschiede an denselben beobachtet, so dass sie z. B. im Schleim und Eiter, wenn sie an einander kleben, nach der Trennung eine abgeplattete Form annehmen, und im Dotter oval, keil- und würfelförmig gefunden werden [2]).

[1]) Henle, l. c. S. 162.

[2]) Ich referire diese Beobachtung auf die Autorität Anderer. Sie muss wiederholt werden.

Diese verschiedenen Formen stellen, wenn sie wirklich bestehen, jedenfalls eben so viele verschiedene chemische Körper dar (S. 82), deren procentische Zusammensetzung vielleicht verschieden ist, bei denen die Gruppirung der Elemente — wenn sie auch im Dotter alle Proteinverbindungen sein sollten — gewiss nicht dieselbe sein wird, und deren Aeusserungen, wenn sie eine so grosse Verschiedenheit hervorbringen, auf wirklich verschiedene chemische Körper zurückgeführt werden müssen. Die verschiedenen Formen, welche diese Elementarkörnchen annehmen, sind ja, ebenso wie die Kristallisation verschiedener chemischer Substanzen, als die Folgen der Gruppirung der Molecüle zu betrachten; jene ovale, plattgedrückte und andere Elementarformen der Körnchen hängen eben so sehr von der Zusammensetzung und Constitution der chemischen organischen Körper ab, wie die Form des schwefelsauren Natrons von der Formel RO, SO^3 abhängt, und die Aeusserungen jener Elementarkörnchen sind also, wenn sie sich auch immer zu Zellen als der normalen secundairen Form gruppiren sollten, mit jener ovalen oder plattgedrückten Form, von der chemischen Substanz, die jeder derselben zum Grunde liegt, abhängig.

Lesen wir nun bei dem so erfahrenen und genauen Beobachter *Henle* (S. 163), dass diese Elementartheilchen aus einem mit Fett gefüllten Bläschen bestehen, und dass dieses Bläschen wahrscheinlich eine Proteinverbindung ist, so lehrt uns dies — selbst mit Beachtung aller von *Ascherson* (*Henle* S. 164) vorgebrachten, aus der Veränderung von Eiweiss durch Oel abgeleiteten Gründe — wie weit wir noch von jeder gründlichen Kenntniss dieser Elementarformen der organischen Theile entfernt sind. Es erleidet doch keinen Zweifel, dass die grösste Verschiedenheit zwischen diesen Elementarkörnchen bestehen wird, eine Verschiedenheit, die zwar nicht so weit zu gehen braucht wie die der aus demselben entstehenden Produkte, aber die doch in einem gewissen Verhältnisse stehen wird zu der Zusammensetzung des Gewebes, welches durch Zellenreihen, die aus diesen Elementarkörnchen hervorgehen, gebildet wird.

Wenn doch die Pflanzenzellen und die Blutkörperchen, die Stärkmehlkörnchen und die Pigmentkörnchen des Auges ursprünglich aus einer Proteinverbindung bestehende, mit Fett gefüllte Bläschen wären, so würde in der That jede Forschung über den chemischen Ursprung der verschiedenen Gewebe für immer unmöglich werden, und jede Vorstellung von demselben wäre uns sogar unbegreiflich.

Dass in den Elementarkörnchen eine Proteinverbindung vorkommt, sei es dass die Hülle ganz oder zum Theil aus dieser besteht, sei es dass sie in aufgelöstem Zustande im Bläschen enthalten ist, darf daraus mit Grund abgeleitet werden, dass erstlich sowohl bei Pflanzen, wie bei Thieren in den jugendlichsten organischen Produkten niemals Protein mangelt, und dieses somit zu den ersten Bedingungen der Organisation gehört; vorzugsweise aber daraus, dass selbst keine Organisation möglich zu sein scheint, wenn nicht das chemisch so leicht veränderliche Protein zugegen ist. Der thierische Körper kann uns hier nicht Maassstab sein, weil das Protein von der Existenz desselben unzertrennlich ist; aber auch im Pflanzenreich, in welchem so viele andere lauter stickstofffreie Substanzen — die Cellulose, der inkrustirende Stoff, Dextrin, Stärkmehl, Zucker, Pectinsäure u. s. w. — vorherrschen, ist der Erfahrung gemäss jede Organisation ohne Gegenwart von Protein unmöglich. Die einfachsten Schimmel, die aus stickstofffreien Substanzen, Milchzucker, Weinsäure, unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft (und also des Stickstoffs) und des Wassers entstehen, enthalten vom ersten Augenblick ihrer Existenz an Protein.

Aus diesem Grunde darf man Protein als eine für die Zellenbildung unentbehrliche Substanz betrachten, und ist es sehr wahrscheinlich, dass schon vor der Zellenbildung in den Elementarkörnchen Protein vorkommt, als eine Substanz, welche die erste Quelle organischer Thätigkeit ist.

Täuschen wir uns aber nicht über den Besitz einer Kenntniss, welche wir noch nicht errungen haben. So lange wir von jenen Elementarkörnchen keine genaue chemische Kenntniss

besitzen, ist jede reine chemische Physiologie platterdings unmöglich. Sie sind ja die ersten, die fundamentalen Organe. Dieselben mit Reagentien und dem bewaffneten Auge zu verfolgen, die festen Formen, welche sie annehmen zu erforschen und diese mit ihren Eigenschaften in Zusammenhang zu bringen, und diese Eigenschaften zu vergleichen mit denen, die wir von eigenthümlichen chemischen Körpern verzeichnet finden, — dies ist ein Hauptschritt auf dem Wege zu einer Kenntniss, deren Ziel es sein muss zu zeigen, wie die Stoffe der organischen Natur zusammengebracht und verändert werden.

Nicht bloss rücksichtlich der Zusammensetzung der Elementarkörnchen müssen wir unsere Unwissenheit bekennen, sondern auch rücksichtlich ihrer Entstehungsweise. Sie sind wahrscheinlich die ersten organischen, jedenfalls die ersten organisirten Gebilde, die aus sogenannten anorganischen Körpern in den Pflanzen gebildet werden; von ihnen gehen mächtige Wirkungen aus bei der Bildung von Kernen, Zellen, Zellenreihen und Geweben; in ihnen denke man sich also auch die Hauptquelle organischer Lebensthätigkeit, d. h. in den chemischen Stoffen, welche die Elementarkörnchen zusammensetzen. Wenn die Zellenkerne wirklich die Zellen erzeugen, und diese Kerne selbst, wie man sagt, mit einer Flüssigkeit gefüllte Bläschen sind, sind nicht nur die aus den Kernen gebildeten Zellen oder andere Formen, sondern die Elementarkörnchen selbst die Elementarorgane, und die Kerne ebenfalls Organe, oder wenn man lieber will Individuen, die als organisches Ganze, möge dies immer so klein sein, schon eine complexe Thätigkeit haben, und welche Thätigkeit, wenn man sie analysirt, ihren Grund in den Kernkörperchen findet, so wie diese in den Elementarkörnchen, und diese in den vier Grundstoffen, welche jene kleine Gruppe von Körpern bilden, die zusammen ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, einen Zellenkern darstellen.

Wenn wir zu der Entstehungsweise der Kernkörnchen oder Elementarkörnchen zurückkehren, so halte ich *Ascherson's* Ansicht, die sich auf die Beobachtung, dass Eiweiss mit Oel in Be-

rührung, eine Membran, eine Zelle bildet, die mit einem Tropfen Oel gefüllt ist, für unrichtig, wenn er auf eine ähnliche Weise die Entstehung von Milch- und Eiterkügelchen erklärt, ja dies sogar für die Entstehung aller Elementarkörnchen durchführt. Der Käsestoff, das Eiweiss, der aufgelöste Faserstoff mögen die Eigenschaft besitzen, das Fett zu vertheilen und eine Schichte, ein Häutchen um einen Oeltropfen zu bilden, wodurch die Oeltropfen nicht in einander fliessen können: arabisches Gummi thut dies auch, und sollte auch kein anderer Körper es können, eine passive Schichte einer festen Substanz um eine Flüssigkeit hat nichts gemein mit einer activen Membran, von welcher in der organischen Natur vielfache Wirkung ausgeht. Solche Theorien bringen uns gar nicht weiter, als wenn man die Entstehung von Schaum in Seifenwasser beibringt.

Eben so hat *Raspail's* Ansicht keinen Werth, wenn er glaubt, dass das Fett, welches den Inhalt der Elementarkörnchen sein sollte, durch Stickstoffaufnahme in eine Proteinverbindung übergehe. Wir müssen unsere Unwissenheit bekennen, wenn uns solche Fragen zur Beantwortung vorgelegt werden, und wir glauben dadurch der Wissenschaft jetzt noch den grössten Dienst zu erweisen.

Endlich bemerken wir, dass alle Vergleichung zwischen der Entstehung von Kristallen und Elementarkörnchen und den aus diesen gebildeten Zellen, wie *Schwann* dieselbe angestellt hat, fruchtlos genannt werden darf; solche Vergleichungen scheinen mir grade das Umgekehrte zu lehren von dem was sie lehren sollen; sie lehren nämlich Verschiedenheit aus Identität. Es liegt in der eigenthümlichen Natur der organischen Elemente C H N O ein Grund zur Verschiedenheit, die sich nicht nur in den letzten Folgen zeigt, sondern in allen Aeusserungen der Stoffe, die, von der einfachsten an, an denselben beobachtet werden. Die allereinfachste Aeusserung ist gewiss die Bildung der Form, die sie annehmen, wenn sie sich zu den kleinsten Theilchen, die der Beobachtung zugänglich sind, gruppiren, und diese Form ist rund oder rundlich, ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen.

Eine Zelle als ein Organ oder selbst als ein Individuum zu betrachten ist durchaus im Einklange mit ihrer Natur. Sie hat in sich die Fähigkeit sich ähnliche zu erzeugen, und thut dies auch wirklich, wenn gleich nicht immer. Es giebt nämlich Zellen, die — nach den bis jetzt noch angenommenen Vorstellungen, die ich aber durch eigene Beobachtungen nicht erhärten konnte — aus einer Mutterzelle entstehen, es giebt deren, die ausserhalb derselben gebildet werden, es giebt deren, die unabhängig von einer Mutterzelle zu Stande kommen. Die erste Art nennt man endogene Zellenbildung, die zweite exogene, eine dritte heisst Vertheilung, eine vierte spontane Zellenbildung. — Auf welche Weise diese Vermehrung auch Statt finde, es muss stets eine Substanz vorhanden sein, die im Stande ist die Bestandtheile der neuen Zellen zu liefern; eine Flüssigkeit, in welcher die Baustoffe der künftigen Zellen gelöst sind, und aus welchen sie in eine feste und zwar in eine organische Form übergehen können. Man unterscheide hier also zwei Momente: Entstehung der zur Zellenbildung verwendbaren Substanz, und die Festwerdung derselben zu Zellen. Vom letztern reden wir jetzt. Es muss also eine Flüssigkeit zugegen sein, in welcher die Stoffe schon bereitet sind, aus welcher diese aber noch abgesondert werden müssen.

Die endogene Bildung neuer Zellen aus schon bestehenden geschieht aus in den Bläschen eingeschlossenen Substanzen. Sie geht in der Höhle des Bläschens selbst vor sich. Sie findet sich bei den phanerogamischen Pflanzen und kommt bei vielen thierischen Organen vor. Die Entstehungsweise ist, wie man sagt, folgende, dass aus dem Inhalt (Cytoblastem) einer gut gebildeten Zelle sich auf die oben angegebene Weise Kernkörperchen und Kerne bilden, die zu Zellen ausgedehnt werden. Wenn also einige Zellen aus dem Inhalt einer einzigen Mutterzelle entstehen, so muss die Membran der ersten oder Mutterzelle ausgedehnt, vergrössert, verdünnt oder aufgesogen werden und verschwinden. In den neu gebildeten Zellen entwickelt sich auf dieselbe Weise eine Reihe anderer Zellen der dritten

Generation, wobei die der zweiten verschwinden, u. s. w. Wenn nun in jeder Mutterzelle nur eine Tochterzelle entstände, würde diese Metamorphose von keiner Bedeutung für die Vermehrung der Zellen sein. Es müssen also aus derselben Quelle in der Mutterzelle mehre Zellen hervorgehen, und einige neue müssen die Mutterzelle ersetzen. Dies ist nach *Schleiden* wirklich der Fall. Entstehen z. B. aus dem Inhalt einer Zelle vier kleine Zellen, welche die Mutterzelle ausdehnen, ihre Wand verdünnen, so dass diese nachher gelöst wird, dann ist die Zahl der Zellen um drei vermehrt. Entwickeln sich aus dem Inhalt jeder neuen Zelle wieder vier Zellen, indem die der zweiten Generation verschwinden, dann hat man nach der dritten Generation sechszehn Zellen, nach der vierten vier und sechzig, u. s. w. Immer sind es die Kerne der neuen Zellen, welche wieder neue erzeugen, während die alten verschwinden.

Es bleibt indessen mancher Punkt unerklärlich, wenn wir diese Zellenvermehrung aus einem chemischen Gesichtspunkt betrachten. Mancher Punkt muss selbst noch durch mehre Beobachter bestätigt werden. Sind z. B. die Kernkörperchen wirklich die ersten Gebilde? und, wenn sie es sind, sind sie die Erzeuger von Kernen, und diese Kerne die Erzeuger von Zellen? Wenn dies feststeht, so ergeben sich folgende Fragen:

Was ist die Ursache der ersten Bildung der Kernkörperchen? Wie entstehen sie aus dem Cytoblastem (bei endogener Zellenbildung aus dem Zelleninhalt)? Unter dem Einflusse des Kerns der Mutterzelle, oder ganz unabhängig von diesem? Hat der Inhalt der Mutterzelle in sich die Fähigkeit, sich zu Kernkörperchen zu gruppiren, welche dann — weil sie kleine Organe sind, Thätigkeit äussern — Kerne, und diese wiederum die Zellmembran erzeugen können?

Diese und manche andere Fragen lassen sich bis jetzt noch nicht beantworten, auch dann nicht wenn wir die exogene Zellenbildung in Betracht ziehen, bei welcher ausserhalb der Zellen, und somit auch ohne den Einfluss der Zellenwände und

Zellenkerne, aus organischen flüssigen Stoffen Kernkörperchen, Kerne und Zellen werden.

Welcher Vorstellung von der Zellenbildung man auch den Vorzug gebe, es kann in keinem Falle geläugnet werden, 1) dass es ebenso organische lösliche Stoffe giebt, die unter bestimmten Verhältnissen die Fähigkeit besitzen, Kernkörperchen, Kerne und Zellen zu bilden, wie es anorganische lösliche Körper giebt, die unter bestimmten Verhältnissen krystallisiren. 2) Diese kleinen Organe erhalten sich ebenso, erhalten ihre Species gerade so, wie nach der allgemeinen Regel in der organischen Natur Individuen bei der Generation dies thun: gleichartige erzeugen gleichartige, vorausgesetzt, dass die Verhältnisse gleich sind. 3) Die endogene Zellenbildung ist die Folge der Verarbeitung der organischen Substanzen zu gleichartigen, wie die, aus welchen die zeugendeZelle besteht. Die Substanz muss derjenigen, welche schon eine Form hat, gleich sein, bevor sie eben diese Form annehmen kann. 4) Die zeugende Zelle hat also nur eine Verrichtung zu vollführen: nämlich die Bereitung von gleichartiger Substanz, wie die, aus welcher sie selbst besteht. Ist diese vorhanden, so ist das Organisirtwerden davon ebenso eine Folge, wie das Krystallisiren eine Folge ist der Vermischung von Salpetersäure und Barytwasser, von Schwefelsäure und Kalilauge u. s. w. 5) Es ist also weit entfernt, dass die Mutterzelle den Tochterzellen die Form geben sollte, ebensoweit wie dass die Mutter dem Kinde seine Form mittheilen sollte. Was zeugt, scheidet nur Materie ab, welche fähig ist, unter gewissen Bedingungen dieselbe Form anzunehmen, wie der zeugende Körper. Bei der Fortpflanzung der höheren Thiere und bei der Vermehrung der Zellen ist dies durchaus der nämliche Process.

Die exogene Zellenbildung geschieht auf dieselbe Weise, wie die endogene, mit dem Unterschied, dass die Tochterzellen ausserhalb der Mutterzelle entstehen, und die Flüssigkeit, welche die neuen Substanzen zur Bildung neuer Zellen enthält (Cytoblastem) nicht innerhalb, sondern ausserhalb der

Mutterzelle gefunden wird. Ein wesentlicher Unterschied wird hierdurch nicht zuwegegebracht, denn das Cytoblastem, das bei der endogenen Zellenbildung in der Zelle gefunden wird, steht hier ebensowenig unter dem Einflusse der Zellwand, wie die Flüssigkeit, welche die Zelle von aussen umgiebt. In diesem Cytoblastem nun befinden sich die Baustoffe neuer Kerne und Zellenwände, und es ist gleichgültig, ob die neuen Zellen an der Aussenwand oder an der Innenwand einer Mutterzelle entstehen. Die Mutterzellenwände können aus den vorhandenen organischen Stoffen ähnliche bereiten lassen, wie sie selbst enthalten, und eben so gut innerhalb wie ausserhalb ihrer Höhle aus Kernkörperchen, die sich absondern, neue Individuen, d. h. neue Zellen entstehen lassen.

Aus der verschiedenen Lagerung der älteren und neueren Zellen erhellt aber, dass die exogene Zellenbildung andere zusammengesetzte Zellenreihen hervorbringt, als die endogene, und aus diesem Grunde ist sie für die Organogenie von Wichtigkeit. Man beobachtet dieselben bei Kryptogamen, z. B. bei den Schimmeln.

Beide, die endogene und exogene Zellenbildung, bestehen also in einer chemischen Bereitung von Substanzen, die, wenn sie einmal gebildet sind, nach allgemeinen Regeln zu Zellen werden. Durch die Mutterzellenwände werden diese Stoffe bereitet, nicht aber neue Zellen hervorgebracht, und sie dürfen also auch nur in einer bestimmten Bedeutung Mutterzellen heissen.

Hinsichtlich der Absorption der Mutterzellenwände bei der exogenen Bildung ist zu bemerken, dass diese hier keine Bedingung ist. Die alte Zelle kann ganz bleiben, was bei der endogenen Bildung nicht der Fall ist. Daher rührt ein wichtiger Unterschied bei diesen beiden Arten der Zellenbildung.

Es ist aber nicht bewiesen, dass die Mutterzellwand bei der endogenen Zellenbildung absorbirt wird, wie man so allgemein annimmt; aber es ist wohl bewiesen, dass sie verschwindet, d. h. unsichtbar wird. Wenn sie verschwindet, ohne aufgelöst

zu werden, so muss sie ausgedehnt platzen und sich um die neuen Zellenwände anlegen und mit denselben verwachsen und so eine organische Verschiedenheit von den sich auf exogene Weise fortpflanzenden Zellenwänden hervorbringen, welche durch diese Ursache nicht verdickt werden können. Wenn bei der endogenen Zellenbildung die alte Wand absorbirt wird, so entsteht hieraus eine wichtige physiologische Verschiedenheit von der exogenen Zellenbildung, weil dadurch in Pflanzen Cellulose in gelöstem Zustande entsteht, aus welcher neue Produkte gebildet werden müssen. Es verdient also alle Aufmerksamkeit zu ermitteln, ob wirklich diese Wand absorbirt wird oder nicht. Bei den thierischen Zellen könnte man aus dieser Auflösung theilweise die Erzeugung vieler Secreta, der Galle, des Harns, u. s. w. erklären. Ob dies aber in ganz entwickelten Individuen wirklich so stattfindet, muss näher untersucht werden. (S. Absonderungen.)

Es giebt eine dritte Art der Zellenvermehrung, die man Theilung nennt. In der Zelle entwickeln sich Scheidewände, welche den Raum derselben in zwei Theile eintheilen. Senkrecht hierauf entwickeln sich andere, durch welche das Ganze in vier Theile getheilt wird. Um ein Centrum herum wiederholt sich jedesmal diese Theilung, bis das Ganze in kleine Gruppen getheilt ist, in welchen sich allmälig körnige Theilchen, Kernkörperchen, Kerne und nachher Zellen zeigen. Beim Eierdotter findet nach *Bergmann* (S. 375) eine solche Theilung statt. Von der Oberfläche entwickelt sich nämlich eine trennende Keimschichte, die sich plattenförmig nach Innen fortsetzt und den Dotter in zwei Theile theilt. Senkrecht darauf entwickelt sich eine andere Platte, durch welche das Ganze in vier Theile getheilt ist. Dann entstehen Diagonalplatten, durch welche endlich das Ganze in eine Reihe kleiner Gruppen, die ebenfalls durch eine Reihe concentrischer Plättchen geschieden sind, vertheilt wird, welche kleine Gruppen von Molecülen endlich zu Zellen werden. Die Plättchen, welche früher sichtbar waren, verschwinden, und an ihrer Stelle entstehen Zellenwände.

Wenn wirklich eine solche mit einer Zellenvermehrung zusammenfallende Zellenbildung stattfindet, so würde der Begriff, den wir uns nach der Vorstellung von *Schleiden* und *Schwann* von derselben machen, für alle die Fälle, in welchen Theilung stattfindet, sich gänzlich verändern. Die selbständigen Zellen sind in diesem Falle Produkte einer Theilung, die von den Molecülen, aus welchen am Ende die Zelle zusammengesetzt wird, unabhängig ist; diese Molecüle bleiben als organische Molecüle so lange passiv, bis ohne ihre Mitwirkung die Theilung zu Stande gekommen ist, und dann erst, wenn sie zu einer selbständigen Gruppe verbunden sind, fangen sie an eigene Erscheinungen von Lebensthätigkeit zu zeigen. Bei einer solchen Theilung würde die Wirkung in der grossen Zelle von bestimmten Stellen der Wand anfangen, und es wären somit in der Wand liegende Molecüle, von denen die erste organische Wirkung ausgeht.

Solche widersprechende oder doch von der endogenen Zellenbildung ganz abweichende Thatsachen, würden die Lehre von der Zellenbildung in einen noch dichteren Nebel hüllen, als der, den die Untersuchungen von *Schleiden* und *Schwann* hinterlassen hatten.

Wenn gleich die neueren Beobachtungen von *Bischoff* [1]) und vorzugsweise von *Kölliker* [2]) neulich darüber ein neues Licht verbreitet, und die dritte Art der Zellenbildung, oder die, welche Theilung genannt wird, für Eier ganz auf die erste oder endogene zurückgeführt haben, so giebt es doch in dem Pflanzenreich entscheidende Beobachtungen für eine Zellenvermehrung durch Theilung oder Scheidewände, so dass eine Zelle durch eine solche Scheidewand in zwei Zellen verwandelt wird, die neuen Zellen wieder auf dieselbe Weise in zwei gespalten werden u. s. w.; durch Scheidewände, die sich senkrecht auf die alte Zellwand stellen, und durch welche auf eine höchst ein-

[1]) Entwicklungsgeschichte des Kaninchen-Eies, 1842.
[2]) Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden, 1844.

fache von allen früher genannten gänzlich abweichende Weise, Zellvermehrung zu Stande kommt, ohne Einfluss von Kernen oder Kernkörperchen. Bei *Phytolacca Decandra* z. B. sieht man auf's Deutlichste solche Scheidewände entstehen in den Zellen des Marks und des Parenchyms der Rinde, durch welche aus einer Zelle zwei werden. Die Ursache der Entstehung solcher Scheidewände liegt im Finstern, allein die Thatsachen lassen sich nicht bezweifeln. Diese wohl constatirte Zellenvermehrung, sie möge nun häufig oder selten sein, nimmt also der Vorstellung von *Schleiden* und *Schwann* viel von ihrer allgemeinen Bedeutung (siehe auch weiter unten Utriculus internus) [1], obgleich aus derselben durchaus nicht folgt, dass die ersten Zellen solcher Pflanzen nicht nach der von ihnen gegebenen Zellentheorie zu Stande kommen sollten.

Es giebt noch eine vierte Art von Zellenbildung und Zellenvermehrung, welche wir die spontane nennen. Sie zeigt sich bei der Generatio aequivoca in allen den Fällen, in welchen aus nicht organisirten, wenn gleich organischen, Substanzen Individuen werden; bei vielen krankhaften Produkten, Exsudaten, z. B. bei Wunden, die durch plastische Lymphe geheilt werden, bei Beinbrüchen, wo ein Exsudat die Quelle vieler neuen Zellenreihen ist, bei Pseudomembranen, bei vielen Secreten, z. B. bei der Anwendung spanischer Fliegen u. s. w.

Die organische Flüssigkeit (Cytoblastem) kann Zellenform annehmen, aber indem sie erst homogen und fast flüssig ist, zeigt sie, wie man sagt, kleine körnige Theilchen, Kernkörperchen und Kerne, welche auf dieselbe Weise Zellen entwickeln sollen, wie dies bei der endogenen und exogenen Zellenbildung geschieht.

Diese letzte Zellenbildung ist sehr häufig und findet überall statt, wo organische aber nicht organisirte Stoffe Zellenform annehmen, z. B. bei der Entstehung von Schimmeln oder Infusorien aus organischen Infusionen.

[1]) Vgl. Harting, in Tydschrift voor natuurlyke geschiedenis, 1844.

Ich glaube, dass die einfache Vorstellung der ersten, zweiten und vierten Art der Zellenbildung folgende ist. Endogene und exogene Zellenbildung können hinsichtlich der Ursache zu einer Art gebracht werden. Sie bestehen — wenn wir von dem, was die Lehre von den thierischen Geweben ausser Zweifel zu setzen scheint, ausgehen — in der Entstehung organischer Molecüle, welche Kernkörperchen bilden, aus denen Kerne und aus diesen Zellen oder andere sich aus den Kernen entwickelnde Formen werden: also eine wahre Monogamie; gleichartige erzeugen gleichartige; aus einer bestimmten Zelle werden also gleichgeformte. Von der Substanz, aus welcher die Zelle besteht, geht ein Eindruck aus auf die Stoffe, welche in der Zelle oder um dieselbe liegen. Die erste Folge dieses Eindrucks ist die Entstehung von Kernkörnchen, und wenn diese einmal gebildet sind, so sind neue Thätigkeits-centra da, aus welchen Kerne und aus diesen Zellen oder andere Formen entstehen können.

Weiter erklärt uns die Wissenschaft nichts; sie kann nicht mehr erklären, weil die Beobachtung nicht weiter reicht.

Es erhellt also, dass wir ebenso im Finstern herumtasten über die Entstehung der ersten Kernkörnchen, wie über die Entstehung der ersten Kristalltheilchen (S. 81); wir wissen nur, dass durch die Bildung dieser Kernkörnchen wirksame, stets zeugende Molecüle entstanden sind, Molecüle, welche im anorganischen Reich nicht bestehen.

Die spontane Zellenbildung lehrt uns, dass der erste Eindruck zur Bildung von Kernkörnchen nicht immer von einer schon vorhandenen Zelle auszugehen braucht. Wenn sie von einer Zelle ausgeht, so bestimmt diese die Richtung des Eindrucks, aber sie bringt den Eindruck nicht selbst hervor. Spontane Zellenbildung, d. h. wo ursprünglich keine Zelle besteht, z. B. in den Schimmeln, welche aus Milchzucker entstehen, und tausend anderen Beispielen, lehrt uns auf's Deutlichste, dass organische Molecüle unter gewissen Bedingungen die Zellenform annehmen können, ohne irgend einen Eindruck von einer vorhandenen Zelle bekommen zu haben. Bei endogener oder exogener Zellen-

bildung ist es also nicht die Zelle, die zeugt, sondern sie bestimmt nur die Richtung der Wirkung, welche in den Stoffen des Cytoblastems vorhanden ist, oder sie erregt die Thätigkeit in den angrenzenden Stoffen, so dass schliesslich diese allgemeine Regel gilt: einige organische Molecüle können unter gewissen Bedingungen hohle Kügelchen bilden, haben dazu eine grosse Neigung, so wie anorganische Körper andere symmetrische Formen annehmen können. In pflanzlichen Körpern scheint es die Cellulose $C^{24} H^{42} O^{21}$ zu sein, welche die Grundlage fast aller Zellen bildet, und aus welcher sich fast alle Formen entwickeln; in den Thieren scheint die Grundlage, wenigstens für viele Fälle durch Proteinbioxyd $C^{40} H^{62} N^{10} O^{14}$ dargestellt zu werden. Beide Grundlagen können, wenn einmal die Zellen gebildet sind, durch andere Substanzen ganz oder theilweise vertreten werden, und dies geschieht oft wirklich. Daher die Verschiedenheit der Gewebe in Pflanzen und Pflanzen, und in Thieren und Thieren.

Was endlich die Zellvermehrung durch Theilung betrifft, so lässt sich von derselben jetzt keine einigermaassen befriedigende Ursache angeben.

Elementarformen nicht organisirter Stoffe.

Beschränken wir uns auf die zu beobachtende Gestalt, welche die kleinsten Theilchen der anorganischen Körper annehmen können, so bleibt nur die Reihe der festen Körper für unsere Betrachtung übrig. Die Gase und Flüssigkeiten entgehen unserer Beobachtung ganz. Die organisirten Theile aber sind alle fest, oder in einem Zustande, der dem festen nahe steht, so dass, wenn bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntniss einige Vergleichung möglich ist, die Gelegenheit dazu geboten wird durch mikroskopische Forschungen über die Entstehung organischer fester Theilchen, und anorganischer, die ebenfalls fest sind.

Letztere sind mit vieler Sorgfalt von *Harting* untersucht [1]), der Lösungen von reinen chemischen Körpern unter das Mikroskop zusammenbrachte, so dass sie eine bekannte chemische Reaction zur Folge haben mussten, und die so hervorgebrachten Erscheinungen verfolgte. Ich habe dieselben durch *Harting's* Güte vor einigen Jahren kennen gelernt.

Vier Hauptformen nehmen also, wie er glaubt, die anorganischen Körper an, wenn sie nämlich durch das Mikroskop bei guter Vergrösserung gesehen werden. Diese Formen sind: die Kristallform, die Molecularform, die durchscheinend membranöse Form und die gallertige Form. Durch diese vier Formen werden noch andere hervorgebracht, sei es durch Verbindungen der vier genannten unter einander, sei es durch Aufhäufung der Theile bei starker Concentration der zur Praecipitation gebrauchten Flüssigkeiten. Nach *Harting* können also die vier genannten Formen als Elementarformen der mikroskopischen anorganischen festen Theilchen betrachtet werden.

Die Kristallform ist nicht sehr häufig. Jod praecipitirt sich kristallinisch, wenn man zu der Tinctur desselben Wasser setzt; schwefelsaurer Kalk aus den Lösungen von Chlorcalcium und schwefelsaurem Natron; phosphorsaures Blei aus schwefelsaurem Blei und Phosphorsäure, u. s. w. Eine langsame Praecipitation aus verdünnten Flüssigkeiten ist an und für sich nicht im Stande Substanzen, die sonst nicht kristallisiren, die Kristallform zu ertheilen, was, wenn es wirklich allgemein so angenommen werden kann, zu dem Schlusse führen würde, dass mikroskopisch kristallisirende Substanzen Molecüle besitzen, die bei ihrer ersten Anordnung schon Kristallform besitzen. Dazu gehören also alle mikroskopische Theilchen von gutgebildeten Kristallen, welcher Art sie auch sein mögen.

Das von *Harting* unterschiedene moleculaire Praecipitat wurde bei derselben Vergrösserung beobachtet, bei welcher

[1]) Bulletin, 1840, S. 287.

die oben erwähnten Kriställchen gesehen wurden, die, wenn sie weniger als $1/_{500}$ eines Millimeters im Durchmesser hatten, nicht mehr deutlich als Kriställchen sichtbar waren. Man kann hierdurch über die Grösse von *Harting's* moleculairem Praecipitat urtheilen, und den Schluss als gerechtfertigt betrachten, dass die Kleinheit der Theilchen, wenn sie wirklich kristallinisch sind, die Unterscheidung derselben unmöglich macht. Hieraus geht also hervor, dass man von diesem moleculairen Praecipitat nicht behaupten kann, dass es keine Kristallform hat, sondern nur, dass die Theilchen zu klein sind, um diese Form, falls sie bestände, zu unterscheiden. Es entstand in Lösungen von Goldchlorid und Eisenvitriol (Gold), von kieselsaurem Kali und Salzsäure (Kieselsäure), von Sublimat und Kali (Quecksilberoxyd), von schwefelsaurem Manganoxydul und Schwefelammonium (Schwefelmangan), u. s. w., und zeigte sich als kleine rundliche Theilchen, deren Form nicht mehr zu unterscheiden war. Sie hatten selten einen Durchmesser von $1/_{1000}$ Millimeter. Diese Praecipitate haben eine sehr starke Neigung sich aneinander zu reihen, und Flocken oder Plättchen zu bilden. Von allen untersuchten Stoffen fand *Harting* nur das Bleialbuminat sogar nach einigen Tagen noch aus isolirten Theilchen bestehend, die in der Grösse von $1/_{800}$ bis $1/_{3000}$ M. M. wechselten. Das Praecipitat von Schwefel, welches *Harting* zu $1/_{1500}$ M. M. angiebt, hat also einen solchen Grad der Vertheilung, dass in einem einzigen Milligram 1687 Millionen solcher Theilchen Schwefel vorkommen. Diese Praecipitate zeigen sehr deutlich die Brown'sche Molecülarbewegung, eine Bewegung, die von chemischen aber auch von physikalischen Kräften herrühren kann, und für verschiedene mikroskopische Gegenstände sehr verschiedenen Ursprungs sein muss. Unter den moleculairen Praecipitaten zeigen vorzugsweise die des Schwefels und des Bleialbuminats jene Brown'sche Bewegung sehr schön.

Die durchscheinend membranöse Form ist eine der schönsten und merkwürdigsten Gestalten, welche Substanzen, wenn sie aus einer Auflösung in den festen Aggregationszu-

stand übergehen, annehmen können. Zu den Substanzen, welche solche Praecipitate geben, gehören vorzugsweise schwefelsaures Eisenoxydul und Kali (Eisenoxydulhydrat), Zinnchlorid und Ammoniak (Zinnoxyd), schwefelsaures Manganoxydul und Ammoniak (Manganoxydulhydrat), Kaliumeisencyanür und schwefelsaures Eisenoxyd (Berlinerblau), salpetersaures Quecksilberoxydul und Kaliumeisencyanür (Quecksilbereisencyanür) und mehre andere Eisencyanüre; endlich eine gesättigte Auflösung von Chlorcalcium und kohlensaurem Kali oder Natron (kohlensaurer Kalk) bei gewöhnlicher Temperatur u. s. w.

Diese durchscheinend membranösen Praecipitate haben manchmal eine ansehnliche Ausdehnung, und sind wahre dünne Plättchen, in welchen man bei sehr starker Vergrösserung nicht die geringste Spur von Kügelchen oder irgend einer andern Form unterscheidet; sie sind wahre Membranen, die durch den Zusammentritt der beiden Tropfen der Lösungen, aus welchen das Praecipitat entsteht, in verschiedenen Richtungen gebogen oder gefaltet sind. Kurz nach ihrer Entstehung sind sie ganz durchsichtig, aber bald verändern sich die meisten, sie werden undurchsichtig, bekommen unterscheidbare Theilchen, die durch die Vereinigung der sehr kleinen innig zusammenhängenden Molecüle der Membran zu einer Gruppe entstehen. Die Membran besteht indessen noch fort, ist aber viel zarter geworden. *Harting* nennt sie in diesem Sustande membranös-moleculair, eine Form, die bisweilen unmittelbar entsteht, wie bei Kalk aus Chlorcalcium und Ammoniak, beim Hydrat vom rothen Eisenoxyd aus schwefelsaurem Eisenoxyd und Kali, von Zinkoxyd aus salpetersaurem Zink und Ammoniak, u. s. w. Wenn es von Anfang an durchsichtig war und darauf membranös-moleculair wurde, so bleibt es bisweilen dabei, bisweilen aber auch, und zwar meistens verschwinden die Membranen nach einiger Zeit und werden Flocken; die zuerst in der Membran sichtbaren Theilchen, die durch Zusammenhäufung der Molecüle, aus welchen die Membran besteht, gebildet sind, vergrössern sich mehr und mehr durch Anhäufung; die Membran reisst und bildet einige

Flocken, die als solche übrig bleiben, oder aber diese ziehen sich noch mehr zusammen und bilden Körnchen, die dann als das letzte Produkt der Theilchenanziehung zu betrachten sind.

Hinsichtlich der Natur der kleinen Theilchen, welche die ganz durchsichtige Membran liefern, ist wenig zu sagen. Die Membran selbst entsteht an der Berührungsstelle der beiden Tropfen, aus welchen das Praecipitat entsteht. Man braucht keinen andern Grund anzunehmen, um sich die Bildung der Membran zu erklären. Diejenigen der beiden Flüssigkeiten, welche dem Aequivalentgehalt nach die am wenigsten concentrirte ist, verliert alle in der Lösung enthaltene Substanz, indem diese durch die gelöste Substanz des anderen Tropfens praecipitirt wird; diese Praecipitation ist an der Stelle vollkommen und plötzlich, so dass das Zusammenfliessen der beiden Tropfen keine sichtbare Folgen weiter hat; oder aber das beim Zusammenfliessen gebildete Praecipitat ist so fest und zusammenhängend, dass es nur träge von den Flüssigkeiten, welche die praecipitationsfähigen Substanzen gelöst enthalten, durchsetzt werden kann. Aus diesem Grunde scheint mir diese Membran, weder in ihrer Entstehung, noch in ihrer Natur irgend eine Analogie mit organischen Membranen zu besitzen.

Dass die zuerst praecipitirten Theilchen, aus welchen die vollkommen durchsichtige Membran besteht, äusserst klein sind, ist keinem Zweifel unterworfen. Vielleicht aber kann Wasser dieselben ganz durchdringen, wodurch sie als kleine Theilchen selbst bei der stärksten Vergrösserung unsichtbar werden.

Die gallertige Form der Praecipitate wird z. B. bei Thonerde aus schwefelsaurer Thonerde und Ammoniak, bei Beryllerde aus schwefelsaurer Beryllerde und Ammoniak, kieselfluorwasserstoffsaurem Kali aus kohlensaurem Kali und Kieselfluorwasserstoffsäure, beobachtet. Dieselbe ist ganz durchsichtig, man sieht keine, oder fast keine besonders zu unterscheidende Theilchen in derselben, wahrscheinlich weil sie von Wasser gänzlich befeuchtet werden, und dieses in einem bestimmten Aequivalentverhältnisse zurückbehalten. Ebenso ist es wahr-

scheinlich bei den membranösen Praecipitaten, wo in der ersten Zeit der Praecipitation Hydrate gebildet sein können, die später bei der Metamorphose der Theilchen in Körnchen u. s. w. unter der Bildung einer andern chemischen Verbindung des Praecipitats mit Wasser, oder selbst eines wasserfreien Körpers zersetzt werden [1]).

Von *Harting's* Beobachtungen verschieden, sind die von *Link* [2]), der gesehen zu haben glaubt, dass alle Praecipitate im Anfange kleine Kügelchen sind, die sich zu grösseren vereinigen und also wie Quecksilberkügelchen flüssig sind; dass diese Kügelchen erst später plötzlich zu Kriställchen werden. Bisweilen bilden diese Kügelchen Plättchen, bisweilen Gallerten.

Nach dieser Vorstellung von *Link* sind die praecipitirten kristallinischen Körper ursprünglich bei ihrer Praecipitation keine Kriställchen, sondern Flüssigkeiten, isolirte Tropfen und diese werden erst später fest; aber selbst die Kristallisation ist nach ihm eine spätere Erscheinung, als die Entstehung des festen Körpers, und man findet nach *Link* vor der Kristallisation einen Zustand, in welchem das Praecipitat aus kleinen Kügelchen besteht, wenn man schnell nach der Zusammenfügung zweier Flüssigkeiten das entstandene Praecipitat beobachtet. Aus der Aneinanderschliessung dieser Kügelchen entsteht nach *Link* plötzlich der Kristall mit seiner eigenthümlichen Form.

Harting hat hiergegen seine Einwürfe mitgetheilt [3]), und nach unserer Ansicht bewiesen, dass *Link* unrichtig beobachtet hat. Das beste Mikroskop giebt ja bei den kleinsten Gegenständen ein undeutliches Bild, so dass man über die wahre Form kein gutes Urtheil mehr fällen kann und was *Link* Kügelchen

[1]) *Harting* hat später (Tydschrift voor natuurlyke geschiedenis 1843) die gallertigen Praecipitate auf die membranösen zurückgeführt.

[2]) Jahresbericht 1840, S. 5 und *Poggendorf's* Annalen, B. 46, S. 258, und De la formation des corps solides, Berlin 1841.

[3]) Tydschrift voor natuurlyke geschiedenis, 1843.

nennt, muss nach *Harting* einfach Molecüle genannt werden. Dahin gehören nämlich Theilchen die $^1/_{2000}$ M. M. Durchmesser haben. Zwar hat *Link* von Kügelchen von 0,00003 M. M. gesprochen, *Harting* aber läugnet mit Recht solche Beobachtungen, wenn es auch immerhin wahrscheinlich bleibt, dass die kleinsten Theilchen der festen Körper kugelförmig sind.

So weit meine Erfahrung in diesen Untersuchungen reicht, kann ich wenigstens von den membranösen Praecipitaten, die ich bei einer 1200maligen liniairen Vergrösserung sah, bezeugen, dass die ursprüngliche Bildung derselben rein plättchenförmig ist; dass sich erst später in denselben sichtbare Theilchen, die sich unterscheiden lassen, zeigen, und dass gleich nach der ersten Praecipitation nichts als eine homogene Membran zu sehen ist (so namentlich bei Eisencyanüren), in welcher sich später unterscheidbare Theilchen zeigen.

In dieser membranösen Form der Praecipitate, scheinen die festen Theilchen der anorganischen Körper in der kleinstmöglichen Form, die sich demonstriren lässt, vorzukommen. Für die Beobachtung und gute Unterscheidung eignen sie sich nicht, und über ihre Form lässt sich also nichts Bestimmtes aussagen. Aber so viel weiss man, dass sie sich zu wahrnehmbaren Theilchen an einander reihen, die entweder regelmässige oder unregelmässige Formen erhalten, und die, wenn sie regelmässig sind, dieselbe Form behalten, indem sie neue feste Materientheilchen auf die schon verbundenen ablagern. Dass also die kleinsten Theilchen erst fest und später geordnet werden, erst selbständig als kleine Theilchen bestehen, und darauf unter einander zu grösseren verbunden werden, und dass — wenn auch ein Mittelzustand zwischen flüssig und fest besteht — die kleinsten festen Theilchen sich nicht gleich bei ihrer Entstehung, sondern erst nach einiger Zeit an einander schliessen, dass sie sich als feste Theilchen zu einem grösseren Ganzen, das sich häufig kristallinisch zeigt, an einander schliessen, nie als ein hohles membranöses Säckchen, das etwas Neues zeugen oder von Innen heraus etwas entwickeln könnte, wie dies bei der Zellenbildung geschieht.

Die Art und Weise, auf welche Kristalle wachsen, ist sowohl durch *Harting*, wie durch frühere Beobachter, wie *Leuwenhoek* und *Ehrenberg* so beobachtet, dass ein in der Lösung schwebendes Kristalltheilchen sich unmerklich vergrössert. Diese von *Link* — der auch hier kleine Kügelchen sieht, die sich auf das schon gebildete Kriställchen ablagern und dies dadurch vergrössern — geläugnete Weise lässt sich weiter nicht beleuchten. Man kann nicht zeigen, wie diese Theilchen im Augenblick, dass sie an der Kristallbildung Theil nehmen, beschaffen sind; ebensowenig, wie sich die feste Substanz verhält, die im Begriff ist, die erste Spur eines Kriställchens zu bilden. Soviel steht fest, dass keine andere der Beobachtung zugängliche Formen vorausgehen, und dass die ersten Spuren der Kristallisation charakterisirt sind durch die Entstehung von Theilchen, die sogleich, wie sie beobachtet werden, als kleine Kriställchen zu begrüssen sind. Was sie sind, bevor sie beobachtet werden können, ist natürlich unbekannt, dass aber die allerkleinsten existirenden Theilchen der kristallinischen Körper Kriställchen sein sollten, ist unwahrscheinlich.

Aus der unmerklichen Vergrösserung eines Kristalls schliesst *Harting* mit Recht, dass die Schichten derselben aus Plättchen bestehen müssen, die eine unmerkliche Dicke haben, aus Plättchen, die, weil sie aus kleinen Kriställchen zusammengesetzt sind, zu dem Schlusse zu führen scheinen, dass dann noch die Theile der Kristalle Kriställchen sind, wenn sie auch bei der grössten Vergrösserung noch unmerklich sind, d. h. bei einer Vergrösserung, bei welcher Gegenstände von $\frac{1}{5000}$ bis $\frac{1}{2000}$ M. M. unterschieden werden können. Da nun die Plättchen unmerklich wachsen, die kristallinischen Theilchen, aus welchen sie bestehen, nicht beobachtet werden können, ist auch das erste kristallinische Theilchen, oder das Kernchen des Kristalls der Beobachtung nicht zugänglich, und sind wir darüber in Ungewissheit, welche Form die kleinsten Theilchen der Kristalle eigentlich besitzen.

Zusammenhang zwischen den Elementarformen anorganischer und organischer Körper.

Manche haben es versucht, zwischen den Elementarformen organischer und anorganischer Körper einen Zusammenhang nachzuweisen. Wie wichtig dieser Zusammenhang erschien, geht aus den Versuchen hervor, denselben zu finden. Mir scheint sich die Sache nicht so zu verhalten. Ich würde es nämlich für eine neue und grosse Schwierigkeit halten, wenn wirklich ein solcher Zusammenhang, oder mehr noch, wenn nur eine Uebereinstimmung bestände, zwischen den kleinsten sichtbaren Theilchen zweier Körperchen, von denen die eine Functionen verrichten muss, während die andere dazu nicht fähig ist. Der Unterschied, welcher in dieser Hinsicht zwischen organisirten und nichtorganisirten Stoffen besteht, muss von den Elementen herrühren, aus welchen sie bestehen, von der Gruppirung jener Elemente und von der Form, welche die einfachsten Theilchen annehmen können.

Die einfachste Verrichtung einer Zelle, nämlich die Erzeugung von Stoffen, die fähig sind eine ihr gleichartige Zelle zu bilden, ist bei allen kristallisirten Formen unmöglich, und dies gilt also in einem noch höheren Grade von der zusammengesetzten Function zusammengesetzter Organe. Ein aus Säulen oder Würfeln zusammengesetztes Organ ist nicht einmal denkbar, viel weniger existenzfähig. Wenn wirklich einmal eine übereinstimmende Gestalt zwischen den ersten sichtbaren Theilchen von Kristallen und Organen gefunden würde; so würden die Kristallographie und Histologie beide nicht nur zurückgesetzt werden, sondern für immer über dem menschlichen Horizont liegen.

Dass man nach einer Uebereinstimmung zwischen den Grundformen organisirter und nichtorganisirter Elementartheilchen suchte, entstand ohne Zweifel aus einer verkehrten Anwendung des Princips, dass gleichartige chemische Stoffe in der organischen Natur gefunden werden wie in der anorgani-

schen, und die Baustoffe der organischen Natur alle von der anorganischen herrühren und erhalten werden: eine Wahrheit, der man sich in unseren Tagen bewusst geworden ist. Nun denn, zugegeben diese Grundformen sind dieselben, wo entsteht denn der erste Unterschied, der zu so verschiedenen Folgen führt? Ist nicht gerade diese verschiedene Form der Elementartheilchen ebenso die erste Bedingung zur Verschiedenheit des aus diesen Theilchen bestehenden Ganzen, wie die verschiedenen Formen von Steinen und anderen Körpern, aus welchen ein Gebäude aufgeführt werden soll, Bedingungen sind, durch welche Gebäude von verschiedener Gestalt zu Stande kommen? Kann man mit derselben Art von Balken und Steinen Gebäude von ganz verschiedener Form, ganz verschiedener Natur und ganz verschiedenem Nutzen aufführen?

Wo ich auch anfangen mag, die Sache zu betrachten, ob bei der organischen Zusammensetzung eines Theils des Thier- oder Pflanzenreichs, oder bei der Disposition der Theile eines Kristalls, oder aber bei der Function, die ersterer verrichtet, letztere nicht verrichten können; irgendwo muss doch der grosse Unterschied anfangen, den die organische und anorganische Natur zeigen, die von diesem Unterschiede an stets in ihrer eigenen Richtung weiter streben, weiter streben, um immer diesen Unterschied zu behaupten.

Wenn nun wirklich, wie wir in dem ersten Kapitel auseinander zu setzen suchten, dieser Unterschied in den Eigenthümlichkeiten von C H N O seinen Grund haben muss, die durch einige andere hinzutretende Körper unterstützt werden, dann muss von dieser Grundlage an jener Unterschied — der zu bestimmten Eigenthümlichkeiten führt und auf die Verrichtung einer zusammengesetzten Function ausgeht — in dem Bau des Körpers deutlich sein, der die Function verrichtet, und dies nicht nur in der Masse, sondern in den Elementartheilchen, aus welchen die Masse zusammengesetzt ist. Diese Theilchen sind es ja, die jedes für sich einen Theil der Function vollführen, welche den Charakter des Organs ausmacht; diese Theilchen

sind selbst Organe, und weil sie Organe sind, können sie weder denselben Bau, noch dieselbe Entwicklung haben, wie die, welche keine Organe sind, die in dem einmal erhaltenen Zustand verharren, bis sie durch äussere Ursachen aus demselben herausgerissen werden. Diese stetige Wirkung — die ein Hauptkennzeichen für Organe, und folglich auch für die kleinsten Organe, die Elementarformen ist — erheischt eigene Formen, ebenso wie eigene Kräfte, durch welche diese Thätigkeit und diese Form beide zu Stande kommen.

So sehr demnach die Lebenserscheinungen eine Reihe von Folgen, von eigenen Zuständen (Zusammensetzung und Bildung) der Stoffe sind, so sehr bedürfen sie einer Grundursache, deren erste Aeusserung sich nothwendig offenbart, nicht in irgend einer Function — denn eine Function ist eine entfernte Folge — aber in der Erzeugung gewisser Formen, die als bestimmte Bedingungen der Function nicht fehlen können. Sollen nun solche bestimmte Formen zu Stande kommen, so muss die erste Ordnung der Molecüle schon den Keimen jener Formen mit sich führen, mit anderen Worten: die erste sichtbare, aus der Anordnung der Molecüle hervorgehende Form, muss mit dem Zwecke, dem die Anordnung dient, im Einklang sein, und also auch mit einer näher zu verrichtenden Function des organisirten Theils, welche Function ihrerseits mit dem ganzen Leben des Individuums, dem der Theil angehört, harmonisch übereinstimmen muss.

Diesen Zusammenhang zu erforschen, heisst die Wege entdecken, welche die Gottheit eingeschlagen hat, um die organisirte Natur zu bilden, wie sie ist; das heisst Naturstudium, dessen Zweck es ist, die bestehende Regelmässigkeit kennen zu lernen, dessen höchster Zweck darin zu setzen ist, von den allerersten Ursachen, durch alle Phasen hindurch, selbst die am weitesten entfernten Folgen abzuleiten.

Die Uebereinstimmung, welche man zwischen den mikroskopischen Theilchen von Thieren und Pflanzen einerseits und von anorganischen Stoffen andererseits zu beobachten glaubte,

beschränkt sich in der That auf die Analogie durch die Bläschenform. Man ging von der Zellentheorie aus, und wenn man bei den anorganischen Stoffen runde mikroskopische Theilchen fand, so wie man diese wirklich gefunden hat, so war ein solches rundes Theilchen ein Kernkörnchen. Aber woher nun noch der Zusammenhang zwischen kleinen runden Körperchen in Zellen und Praeciptaten? Hat man gesehen, dass sich ebenso ein Praecipitat aus einem Kernkörnchen bildet, wie man dies bei den Zellen fand? Ist ein Praecipitat auch ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen? Da verlässt uns alle Analogie, und das Einzige, was übrig bleibt, ist, dass Kernkörnchen sowohl wie die kleinsten Theilchen vieler Praeipitate rund zu sein scheinen; in der That eine Uebereinstimmung, die zu keinem anderen Schlusse führen darf, als dass die allgemeinen Gesetze der Anziehung gleiche Anwendung auf Gruppen von Molecülen organischer und anorganischer Stoffe finden. Aber gerade durch diese allgemeinen Gesetze erklärt man keine besondere Reihe von Erscheinungen, keine Verschiedenheiten zwischen Leben und Nichtleben.

Nach meiner Ueberzeugung kommt man nicht weiter mit der Kenntniss der Entstehung der Praecipitate, um zu erklären, wie eine Zellmembran entsteht. Zwar hält man nach der Verbrennung der Zellwand anorganische Stoffe übrig, Kieselsäure, Kalk, Kali; allein daraus schliessen zu wollen, dass die Zellwand Uebereinstimmung mit einem Praecipitat hat, scheint mir nicht richtig. Anorganische Stoffe gehören doch ebenso gut zu den Bestandtheilen der Gewebe, wie die organischen. Die Pflanzencellulose kommt höchst selten in den Pflanzen ganz frei von anorganischen Bestandtheilen vor, sie ist mit diesen chemisch verbunden; es wird nur ein Körper gebildet durch Cellulose und Kalk u. s. w. Es kann also nicht anders sein, als dass Kalk u. s. w. zurückbleibt, wenn man C H und O sich verflüchtigen lässt.

Nach meiner Ueberzeugung muss man in der Erklärung der Entstehung der Elementartheile in der organischen Natur den

Begriff der Thätigkeit der Function aufnehmen, wenn nicht diese Erklärung mangelhaft bleiben soll, und dieser Begriff der Thätigkeit, der Function liegt in dem Begriff, den wir mit den organischen Gruppen von C H N und O verbinden, die immerfort danach streben, chemisch etwas Anderes zu werden, als sie sind, die immerfort chemisch umgewandelt werden. Das kleinste Molecüle, das sich mit anderen zu einem Kernkörnchen verbindet, ist schon ein kleines Organ, verrichtet schon eine Function. Es hat in sich eine Zeugungsfähigkeit und ist in diesem Sinne Individuum, und nicht bloss Molecüle, sondern thätiges Molecüle. Dadurch unterscheidet es sich von einem Praecipitat, welches, indem es zu einem Körnchen verbunden wird, dieses der blossen Anziehung der Theilchen verdankt, ohne einige andere Thätigkeit dabei zu zeigen.

Die Thätigkeit, welche wir Lebensthätigkeit nennen, entwickelt sich aus den so ganz eigenthümlichen vier Grundstoffen C H N O, wenn ihre Verbindungen unter bestimmten Verhältnissen verkehren, unter Verhältnissen, die, wenn sie gleich ganz und gar chemisch zu nennen sind, doch in so fern von denen, die wir gewöhnlich so nennen, verschieden sind, dass sie schwer oder gar nicht durch die Kunst dargestellt werden können. Das Erste, was unter diesen bestimmten Verhältnissen erzeugt wird, ist die Bildung eigenthümlicher Verbindungen, die eigenthümliche Formen annehmen und nicht aufhören, eine gewisse Thätigkeit zu zeigen, so lange sie unter denselben Verhältnissen verkehren. Will man also in der genannten Hypothese statt praecipitiren lesen: eine eigenthümliche chemische Anordnung, mit der Entwicklung der Thätigkeit der neuen Stoffe und neuen Formen, die so viele Folgen der Thätigkeit der zusammensetzenden Elemente sind, so lassen sich dagegen keine Vernunftgründe vorbringen.

In wenigen Worten, glaube ich, können wir Leben und Lebenserscheinungen definiren als den Chemismus von C H N und O mit allen seinen Folgen, wenn auch viele Lebensäusserungen sich jetzt noch gar nicht nach diesem Satze beleuchten lassen.

Ich verweise hierüber weiter zum ersten Kap., glaubte aber hier den Punkt der Bildung von Elementarformen noch näher entwickeln zu müssen. Es ist chemische Wirkung und sonst nichts, aber deshalb noch keine Praecipitation. Die Reduction des Eisens im Hochofen ist eine chemische Wirkung, aber deshalb noch keine Praecipitation.

Anorganische Stoffe in der organischen Natur.

Beim Verbrennen von Pflanzenorganen hat man bemerkt, dass, wenn alle organische Stoffe zersetzt waren, eine Asche zurückblieb, die in der That das Skelett des Organs darstellte. *Goeppert* hat gefunden, dass dieses Skelett aus Kali und Kalk besteht [1]), aber es kommen nothwendiger Weise auch andere Basen in demselben vor. Bei vielen Pflanzen findet man auf dieselbe Weise Kieselsäure, die nach Verbrennung von Zellen z. B. durchaus die Form der Zellen zeigt in einer feinen, schwammigen Asche, die nach der Verbrennung zurückgelassen wird. Es ist Kieselsäure, welche der Pflanze als kieselsaures Kali geboten wird, und aus welchem durch eine Pflanzensäure die Kieselsäure ausgeschieden und pflanzensaures Kali gebildet wird, das im Pflanzensafte gelöst und anderswohin geführt wird. Je nachdem das Organ verschieden ist, behält man nach der Verbrennung auch verschiedene Formen von Aschschwämmchen zurück, so dass man z. B. von den Spiralgefässen bisweilen eine recht schön spiralförmig aufgewundene Asche bekommt.

Die meisten dieser anorganischen Substanzen kann man wenigstens grösstentheils durch gewisse Lösungsmittel ausziehen; so namentlich die Kieselsäure mit Kali, die Basen mit Salzsäure.

Ob man diese anorganischen Basen, Salze und Säuren als integrirende Bestandtheile des Pflanzenorgans oder bloss als

[1]) *Poggend.* Ann. Bd. 38, S. 568.

abgelagert zu betrachten hat, ist bei den Botanikern nicht ausgemacht. *Morren* und *Reade* erklären sich für ersteres [1].

Die Sache ist jetzt zu entscheiden.

Dass Zellenreihen ohne die geringste Spur von anorganischen Bestandtheilen bestehen können, lässt sich aus vielen Schimmelpflanzen beweisen. Mycoderma vini z. B. enthält keine Spur von Asche [2]. In Schimmeln, die ich in grosser Menge aus Milchzucker entstehen sah, war ebenfalls keine Spur von Asche vorhanden. Zur Bildung der Zellenpflanzen sind also die sonst in Pflanzen vorkommenden anorganischen Bestandtheile entbehrlich.

Stellen wir dem aber gegenüber, dass dieselben anorganischen Bestandtheile in so vielen Pflanzen gefunden werden, dann liegt der Schluss auf der Hand, dass sie einen Zweck in den Pflanzen erfüllen und nicht etwa zufällig in denselben enthalten sind.

Dies ist aber nicht der Fall mit allen in den Pflanzen vorhandenen organischen Substanzen. Die in den Zellen abgelagerte Kieselsäure, oder der kohlensaure Kalk, oder andere Praecipitate haben eine passive Bedeutung in den sie einschliessenden Räumen, in welchen sie auf passive Weise entstanden sind. Sie sind ganz gleich den Praecipitaten, die ausserhalb organischer Körper gebildet werden, und entstehen auf dieselbe Weise dadurch, dass zu einem gewissen Zelleninhalt, in welchem eine feste Substanz gelöst ist, eine andere gelöste Substanz gesetzt wird, welche mit der des Zelleninhalts ein Praecipitat geben kann. Wenn z. B. zu kieselsaurem Kali eines Pflanzensafts eine organische Säure gesetzt wird, Kleesäure z. B., so muss kleesaures Kali und Kieselsäure gebildet werden. Sehr gross ist die Anzahl der auf diese Weise gegen die Zellenwandungen und in denselben abgelagerten Stoffe. Auch in diese mit Salzlösungen durchtränkten Wandungen können oft andere Flüssig-

[1]) London and Edinb. Phil. Mag., Nov. 1837. p. 413.

[2]) Scheik Onderz. Deel I. p. 539.

keiten treten, die Praecipitate bilden, welche in den kleinen, in den Wänden befindlichen Höhlen abgelagert werden können. Man kann sich dies vorstellen, wenn man sich Papier mit Chlorkalium befeuchtet denkt und kohlensaures Natron darauf träufelt. Im Papier war von den Fasern des Papiers Chlorkalium eingeschlossen; dazu setzt man kohlensaures Natron, und der Niederschlag des kohlensauren Kalks muss deshalb auch zwischen den Fasern des Papiers gebildet werden.

Auf diese Weise sind viele in Wasser unlösliche Salze von pflanzlichen und thierischen Theilen in denselben abgelagert. Sie bleiben an der Stelle, an welcher sie einmal sind, abgelagert, es sei denn, dass später eine auflösende Flüssigkeit entstehe, z. B. eine saure, welche ebenso im Stande ist, Niederschläge aus Zellenwandungen zu entfernen, wie die Salzsäure, mit der wir Filtrirpapier ausziehen, im Stande ist, kohlensauren Kalk, kohlensaure Talkerde, phosphorsauren Kalk, Eisenoxyd u. s. w. zwischen den Fasern des Papiers aufzulösen. Aber solche saure Flüssigkeiten ziehen nur durch einige Pflanzen hindurch. Sehr viele Pflanzensäfte enthalten keine freie Säure, und in diesen Pflanzen kann also ein solcher Niederschlag, wenn er einmal entstanden ist, nicht wieder gelöst werden.

Payen [1]) hat in vielen Pflanzen solche Praecipitate gesehen. In Ficusarten, F. ferruginea, laurifolia u. s. w. sah er dieselben häufig. Es sind gestielte, keulenförmige, mit einem kalkigen Praecipitat überzogene Körperchen, die er vorzüglich gross sah in Parietaria lusitanica und arborea. Sie waren cylindrisch in Celtis australis. An der oberen Oberfläche unter der Oberhaut findet man dieselben am häufigsten. Ein grosses Blatt von Broussonetia papyrifera hat 134,000 solcher Körperchen. Nach *Payen* findet man kohlensauren Kalk häufig zwischen den Zellen des Parenchyms der Blätter und ihrer Nerven, in den Blattstielen und Stämmen.

[1]) Comptes rendus, II, p. 491, 1840.

Bisweilen findet man den kohlensauren Kalk sogar in Pflanzen, deren Saft so sauer ist, dass die Säure, mit Kreide in Berührung, Kohlensäure enwickeln müsste. *Payen* glaubt, dass in diesen Fällen das Praecipitat durch das kohlensaure Ammoniak der Atmosphäre entsteht, was aber nicht wahrscheinlich ist.

Von der Kieselsäure, welche kristallisirt die Zellen der Gramineen, Characeen und Equisetaceen so sehr anfüllt, glaubt *Payen*, dass sie auf der Oberfläche vieler, vielleicht aller Blätter vorkommt. Er fand sie hier und da auch in den Intercellulargängen, und zwar in der Gestalt sphaeroidischer Concremente. Während sie in der Epidermis aller Pflanzen die Zellenwände regelmässig incrustirt, fehlt sie zwar keineswegs in den inneren Zellen, wird hier aber doch viel seltener angetroffen. Welchen Zweck sie dort erfüllt, ist gänzlich unbekannt.

Chara translucens ist mit Kieselsäure überzogen, während Chara vulgaris unter denselben Umständen mit Kieselsäure und mit kohlensaurem Kalk und Chara hispida nur mit kohlensaurem Kalk überdeckt ist[1]).

Ebenso wie mit den genannten anorganischen Bestandtheilen der Pflanzen verhält es sich auch mit vielen Bestandtheilen des thierischen Körpers, vorzugsweise mit den Salzen der Knochen, der Zähne u. s. w. Sie sind in der Weise abgelagert, dass sie Flüssigkeiten leicht zugänglich sind. Die Kunst kann dieselben mit Leichtigkeit entfernen. Durch Salzsäure ziehen wir aus Knochen, Zähnen, Elfenbein u. s. w. diese Salze aus. In einigen Krankheiten, in der Osteomalacie, in der Rhachitis u. s. w. werden diese bereits abgelagerten Knochensalze aufgelöst, entfernt, was nicht anders als durch eine saure Flüssigkeit geschehen kann. Das im normalen Zustande alkalische Blut kann diese Salze nirgendwo auflösen, und aus dem Umstande, dass bei der Rhachitis die Knochensalze aus den Knochen verschwinden, geht hervor, dass die Beschaffenheit des Bluts in

[1]) S. weiter *Payen*, in Mémoires sur les développements des végétaux, p. 313.

dieser Krankheit eine wesentliche chemische Veränderung erlitten haben muss und dass der aus den Knochen tretende Nahrungsstoff sauer oder doch im Stande sein muss, Kalksalze aufzulösen.

Die Knochengeschwülste und dergleichen sind Beispiele von krankhafter Absonderung dieser Kalksalze, von der Ablagerung derselben an Stellen, wo sie nicht hingehören; die Exostosen sind Beispiele von Ausdehnung des Gewebes, in welches die Knochensalze gewöhnlich abgelagert werden.

Die Schaalen der Schaalenthiere, die Panzer der Schildkröten und so viele andere thierische Produkte entstehen auf dieselbe Weise.

Ausser dieser passiven Ablagerung unlöslicher anorganischer Substanzen giebt es eine active, eine chemische Verbindung derselben mit den organischen Theilen der Gewebe, so dass sie in die Zusammensetzung der Gewebe eingehen. Vorzugsweise bietet uns das Thierreich hierfür Beispiele in Menge. Selbst aus dem Faserstoff des Bluts kann man die anorganischen Bestandtheile durch eine Säure nicht gänzlich entfernen; eben so wenig aus dem coagulirten Eiweiss, und wenn diese Verbindung schon in ursprünglich gelösten Substanzen innig ist, wie viel inniger muss sie da nicht sein in Substanzen, die ihrer Natur nach fest sind. Das Bindegewebe enthält so eine beträchtliche Menge kohlensauren und phosphorsauren Kalkes; in dem Chondrin trifft man deren eine noch grössere Menge, kurz, in allen chemischen thierischen Substanzen findet man dieselben, man trifft sie in allen Geweben. In den Blutkörperchen findet man dieselben in einer so festen, innigen Verbindung mit der Zellmembran, dass sie nach der Verbrennung dieser in der Form, welche das Blutkörperchen selbst hatte, zurückbleiben [1]).

Es ist keine schwer zu beantwortende Frage, durch welche Kraft in den genannten Beispielen die anorganischen Substan-

[1]) Mit diesen sind aber auch die Salze des Blutserums vermischt, welches die Blutkörperchen befeuchtet und durchtränkt.

zen mit den organischen verbunden werden, wenn z. B. in der aus Cellulose bestehenden Zellwand einer jugendlichen Zelle, in einem Spiralfaden der Pflanzen anorganische Substanzen zurückbleiben. Man kann gewiss die Ursache, welche sie mit einander verbindet, dieselbe nennen wie die, durch welche Metalloxyde gefärbten Stoffen, Eisenoxyd, Thonerde u. s. w. Baumwolle oder anderen Geweben ankleben. Allein die Natur dieser Anziehung ist nicht mit Gewissheit bestimmt. *Bergmann*, *Macquer* und *Barthol let* sahen diese letzten Verbindungen als chemische Verbindungen an; Andere vergleichen sie mit der Art und Weise, in welcher Metallsalze oder Farbstoffe und Gase durch Holzkohle zurückgehalten werden, und halten dieselben also für Folgen der Anziehung in kleinen Entfernungen, ohne constante Verhältnisse [1]).

So viel lässt sich mit Grund sagen, dass keine Substanz in der organischen Natur bekannt ist, die vollkommen neutral, d. h. gar nicht fähig wäre, sich mit anderen Körpern zu verbinden. Die Cellulose, oder der wichtigste Baustoff der jugendlichen Pflanzenzellen, ist ohne Zweifel ebenfalls keine vollkommen indifferente Substanz, sie ist im Gegentheil fähig, Kalk, Kali, Magnesia, Eisenoxyd aufzunehmen und mit diesen chemische Verbindungen einzugehen. Wenn die Formel derselben wirklich $C^{24} H^{42} O^{21}$ ist, so würde die anorganische Basis, die mit der Cellulose eine neutrale Verbindung eingeht, eine Menge betragen können, deren Sauerstoff $\frac{1}{21}$ von dem der Cellulose wäre.

Es ist also eher zu verwundern, dass man in der Zellwand nicht eine grössere Menge anorganischer Basen findet, als dass man sie überhaupt in derselben trifft. Die Abwesenheit freier Basen in vielen Pflanzenzellen hindert oft ihre Absonderung; die mit den Basen im Pflanzensaft verbundene Säure hindert die Sättigung der Cellulose mit Kalk, Kali u. s. w. Wo ein Bestandtheil der Wand selbst sich wie eine Säure verhält, wie der

[1]) S. *Crum* in Journ. für prakt. Chemie, 1844, Nr. 11 und 12, S. 164.

Pflanzenschleim oder die Pectose [1]), da finden wir denn auch wirklich eine beträchtliche Quantität von Basen in der Wand, die durch schwächere Säuren aus derselben nicht ausgezogen werden können.

Die Quelle aller dieser in Pflanzen vorhandenen anorganischen Substanzen ist der Pflanzensaft, der von den Wurzeln aufgenommen wird. Die Thiere erhalten sie von den Pflanzen oder den Thieren, die ihnen zur Nahrung gereichen, ausserdem aber vom Wasser. In dem gewöhnlichen Wasser kommen die meisten Salze des Blutserums vor (S. 139). Daher rühren die zur Bildung der Gewebe und der genannten Praecipitate nöthigen Salze. Der phosphorsaure Kalk, der im gewöhnlichen Wasser fehlt, und das Eisenoxyd werden den Thieren von den Pflanzen geliefert. Im Getreide kommt eine bedeutende Menge des ersteren vor, und nach *Raspail* (Chimie organ., Paris 1838, Tom. 3, p. 597) auch kristallisirt in Orchis, Ornithogalum, Narcissus, Hyacinthus u. s. w. Dieses Salz muss in dem Blut der Thiere gelöst enthalten sein. Durch die Salzsäure des Magens gelöst, würde es durch das alkalische Blut wieder praecipitirt werden, wenn der phosphorsaure Kalk nicht mit löslichem Eiweiss und Faserstoff lösliche Verbindungen eingehen könnte [2]). Auf dieselbe Weise, auf welche der phosphorsaure Kalk in löslicher Form mit Protein verbunden durch den thierischen Körper fliesst, fliesst er auch durch die Pflanzen. Das lösliche Eiweiss ist auch dort das Vehikel dieses unlöslichen Salzes, und aus diesem Grunde ist es wahrscheinlich, dass die Getreide-Arten, die so viel coagulirtes Eiweiss, mit vielem phosphorsauren Kalk verbunden enthalten, an der Stelle, an welcher man es findet, in dem Samen, dies Eiweiss als eine Flüssigkeit von anderswoher bekommen.

[1]) Pectose ist der Bestandtheil, der beim Kochen mit einem Alkali Pectinsäure giebt, mit einer Säure Parapectinsäure. Scheik. Onderz. D. III. Dies zur Ergänzung von dem, was S. 245 steht.

[2]) Dass die Versuche von *Enderlin*, der glaubt, die Salze des Bluts beständen vorzugsweise aus phosphorsaurem Natron (Annalen der Pharmacie und Chemie, März 1844, S. 317), unrichtig sind, werden wir beim Blut anzeigen.

Es ist nicht schwer, sich eine Vorstellung davon zu machen, wie die Pflanzen diese unlöslichen Salze aus dem Boden aufnehmen. Die Ackererde enthält freie Säuren, und durch die Essigsäure, die Ameisensäure und die fünf organischen Säuren des Bodens (siehe S. 155) werden also Kalk und Magnesia, phosphorsaurer Kalk und Eisenoxyd im aufgelösten Zustande durch die saure wässrige Flüssigkeit nach den Stellen hingeführt, wo in den äussersten Wurzelzasern Protein gebildet wird, um von der Stelle an wenigstens theilweise die genannten Basen und den phosphorsauren Kalk vom Protein weiter führen zu lassen. Grade so geschieht es bei den Thieren. Der phosphorsaure Kalk der Getreide-Arten z. B. wird durch die Salzsäure des Magens gelöst und in ein lösliches saures Kalksalz verwandelt. Dies wird als solches nicht in das Blut übergeführt, aber aus der sauren Flüssigkeit, welche durch Sättigung mit dem Alkali des Dünndarms neutral wird, würde das Kalksalz praecipitirt werden, wenn nicht Protein vorhanden wäre, welches es aufnehmen und in das Blut führen könnte, durch welches es zu allen Theilen des Körpers gelangt.

Schwerer ist es, sich Rechenschaft zu geben von der Art und Weise, auf welche phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk aus dem Blute in den Knochen abgeschieden werden. Es ist wahrscheinlich, dass ein Zusammenhang zwischen dieser Ausscheidung und der Verwandlung der dieses Salz gelöst enthaltenden Bestandtheile des Bluts in leimgebendes Gewebe stattfindet.

Entsteht das leimgebende Gewebe aus zersetztem Faserstoff, oder aus dem bei der Respiration aus Faserstoff entstehenden Proteintritoxyd (welches auch die Fähigkeit hat, sich mit phosphorsaurem Kalk zu verbinden), so können an den Stellen, an welchen diese Umsetzung geschieht, der phosphorsaure und der kohlensaure Kalk, die im Faserstoff u. s. w. vorhanden waren, als Praecipitate zurückbleiben und die kleineren Höhlen ausfüllen, welche das leimgebende Gewebe offen lässt. Geschieht dies wirklich so, dann muss der in der Haut, den

serösen Membranen und anderen aus leimgebenden Geweben ausgeschiedene praecipitirte Kalk bei der Verwandlung des Proteins wieder aufgelöst werden; denn in diesen findet man keine grosse Menge Kalksalze. Der Blutreichthum der Haut und die Thätigkeit der serösen Membranen, welche stets Flüssigkeit absondern, erklären dies, während die träge Circulation in den Knochen die Ursache ist, weshalb die einmal ausgeschiedenen Kalksalze an der Stelle, wo sie ausgeschieden werden, zurückbleiben.

Dass die anorganischen Stoffe in einem Aequivalentverhältnisse in den Flüssigkeiten des thierischen Körpers mit organischen Stoffen verbunden sind, steht fest. Der Faserstoff des Bluts enthält, wenn er rein gewonnen ist, für dieselbe Thierart eine constante Menge von Salzen; aber auch das Kristallin des Auges enthält stets 0,6 Proc. einer weissen kalkhaltigen Asche. Dies darf man also für jedes Elementargewebe als feststehend betrachten. In einigen Bestandtheilen der Pflanzen kann dies nicht anders sein, sowohl in den festen, wie in den flüssigen. Der Cremor Tartari kommt in den Trauben als weinsaures Kali und weinsaures Wasser vor; der weinsaure Kalk, der mit diesen in den Trauben vermischt ist, als Neutralsalz. Dass aber die Sauerstoffmenge der Basen einer ganzen Pflanze für dieselbe Art constant sein sollte, wie *Liebig* behauptet, ist natürlicher Weise eine Unmöglichkeit (s. anorganische Pflanzennahrung). Es muss dies ja für ebenso unmöglich gehalten werden, wie dass die Sauerstoffmenge der Basen eines Thiers derselben Thierart constant sein sollte.

Es ist beachtenswerth, dass die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen in einem gewissen Grade nach der Verschiedenheit des Bodens, welcher den Pflanzen Salze darbieten kann, wechseln können. Einige derselben aber können durch andere nicht vertreten werden, und wenn sie in einem Boden fehlen, so kränkeln die Pflanzen, oder wachsen selbst gar nicht auf demselben. In dem Kapitel über die Ernährung der Pflanzen werden wir dies näher beleuchten. Hier war es nur darum zu

thun, im Allgemeinen anzugeben, auf welche Weise die anorganischen Bestandtheile in den Elementargeweben von Pflanzen und Thieren enthalten sind; wir nennen dieselbe rein chemisch. Die Basen, Kalk, Natron, Kali, Magnesia, sättigen die festen Substanzen der Gewebe — die meistens ein hohes Aequivalentgewicht haben — wenn keine hindernde Ursachen dazwischen treten; die basischen Salze vertreten bei vielen die *Stellen* der Basen. In thierischen Geweben findet man deshalb eine grössere Menge anorganischer Bestandtheile, als in pflanzlichen, weil die in den Thieren circulirende Flüssigkeit alkalisch ist; das Eiweiss in beiden, das Dextrin und der Pflanzenschleim in den Pflanzen, das Proteintritoxyd und das aufgelöste Eiweiss und der Faserstoff bei den Thieren sind unter anderen die Vehikel, welche diese Basen von der einen Stelle nach der anderen führen.

Payen [1]) hat, gestützt auf *Meyen's* Beobachtungen — dass unter der Oberhaut von Feigenblättern kristallinische Stoffe gefunden wurden, die an einem zelligen Faden im Inneren grosser Räume (Utriculi) gewisser Maassen aufhingen — viele Untersuchungen über die kristallinischen Stoffe in Pflanzen angestellt. Er hat dieselben in vielen Urticeen und vielen anderen Pflanzen angetroffen. Diese Kristalle bestehen nach ihm aus einem organischen Gewebe, das einerseits die kristallinische Substanz absondert, und zugleich den Raum bildet, in welchem dieselbe enthalten ist. Das kleine Organ, durch welches der Kristall abgesondert wird, liegt in der Mitte eines grossen Utriculus. Es besteht aus zwei Theilen, die sowohl durch ihre Structur, wie durch ihre Function verschieden sind; der eine besteht aus den umliegenden Zellen und bildet den zelligen Faden, von dessen Enden das eine an die innere Seite der Epidermisschichten befestigt ist; der andere besteht aus solchen kleinen Zellen, dass er gewissermaassen aus zusammengehäuften kleinen Pünktchen besteht, die, wie *Payen* sagt, einem

[1]) Annales des Sc. nat., Dec. 1841, p. 321.

im Utriculus aufgehängten Kronleuchter ähneln. Dieses Ganze erleidet während der Vegetation keine Veränderung, aber die Gefässchen (Vascuoles) desselben füllen sich mit einer Lösung von kohlensaurem Kalk, aus welcher dieses Salz in Kristallen abgelagert wird, so dass auf der äusseren Oberfläche der Zellenschichte warzenförmige oder kristallinische Theilchen erscheinen. Bei anderen Pflanzen aber verhält sich dies kleine Ausscheidungsorgan bisweilen anders, so wie in Broussonetia papyrifera (S. 406.)

Hieraus schliesst *Payen*, dass Kristalle in Pflanzen nicht zufällig abgelagert, sondern durch besondere Organe erzeugt werden, — ein Schluss, der gewiss viel zu allgemein ist. Brauchen ja doch die Menge von Kristallen von kleesaurem Kalk, die man bei so vielen Pflanzen frei in den Zellen findet, keine besondere Organe, damit sie erzeugt werden. Sie sind für die Pflanzenphysiologie von grosser Wichtigkeit, weil sie uns den Uebergang von Kohlensäure in Kleesäure unter Ausscheidung von Sauerstoff kennen lehren

$$C^2 O^4 = C^2 O^3 + O,$$

scheinen aber deshalb keiner besonderen Organe zu bedürfen, welche sie bilden sollten.

Vom kleesauren Kalk fand *Payen* verschiedene Formen; bald scharfe Kriställchen, die strahlenförmig von einem gemeinschaftlichen Centrum ausgingen und die sich im Parenchym und um die Nerven der Blätter herum in vielen Pflanzen fanden, bald rhomboëdrische, die zu einer grossen Anzahl zusammengewachsen waren, im Parenchym der Blätter und unter der Epidermis von Citrus, Limonia, Juglans regia. In grosser Menge und in grossen Massen fand er dieses Salz in Cacteen in scharfen Tafeln, oder mehr oder weniger verlängerten Prismen, welche durch ihre Verbindung Sphaeroide bildeten und rauh oder ohne scharfe Spitzen waren. In verwandten Pflanzen fand er übereinstimmende Kristallformen dieses Salzes, so in Opuntia, Echinocactus, Cereus, Cactus, Rhipsalis.

In *Turpin's* Biforinen fand *Payen* ebenfalls zwei Kriställchen

von kleesaurem Kalk, so dass, wenn man die nadelförmigen Kriställchen auflöst, das häutige Säckchen, welches dieselben enthält, ganz biegsam wird.

Durch die Verbrennung der kleinen Organe, in welchen die Kristalle von kleesaurem Kalk enthalten waren, fand *Payen* einen kieselsäure-ähnlichen Ueberrest, der gänzlich die Form des kleinen Organs, welches das Salz ausgeschieden hatte, behalten hatte. Indem er sich darauf stützte, verbrannte er Stückchen des Stengels von Gramineen, Cactus, Blättern, Blumenblättern, Staubmehlkörnchen, nachdem er dieselben erst mit Säuren ausgezogen hatte, und fand immer solche kieselsäure-ähnliche Ueberreste, in welchen man die kleinsten Eigenthümlichkeiten der Organisation noch sehen konnte und mit denen manchmal unregelmässige Massen von Kieselerde vermischt waren.

Das kleine Organ, durch welches die genannten Kristalle ausgeschieden werden, ist keine Cellulose, sondern wie *Mirbel* (der Berichterstatter, von *Payen's* Arbeit) es nennt: Cambium globulo-celluleux. Im Cambium kommt nun nach *Payen* viel stickstoffhaltige Substanz vor, und also findet man in den Pflanzentheilen, welche die erwähnten Kristalle enthalten, wenn sie gleich aus Cellulose bestehen, Stickstoff, weil das kleine absondernde Organ aus Cambium besteht.

Die Ursache der Ausscheidung des kleesauren Kalks liegt nach *Payen* in der neutralen oder alkalischen Beschaffenheit der Pflanzensäfte. Der helle, farblose Saft von Mesembryanthemum cristallinum reagirt alkalisch, während das Gewebe, welches die mit Flüssigkeit gefüllten Bläschen umgiebt, sauer reagirt; in den Bläschen kann also wegen der alkalischen Beschaffenheit der Flüssigkeit, der in denselben gelöste kleesaure Kalk kristallinisch abgeschieden werden, was auch wirklich geschieht [1]).

[1]) S. *Payen* in Mémoires sur les développements des végétaux, 5e Mém. p. 287.

Was nun die Absonderung durch besondere kleine Organe betrifft, so scheint uns dieselbe von den allgemeinen Ursachen des in den Pflanzen thätigen Stoffwechsels abzuhängen. Die Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzen ist eine wohl constatirte Thatsache. Organe zersetzen diese Kohlensäure nicht; dieselbe wird durch thätige und also nothwendiger Weise durch gelöste Substanzen zersetzt. Diese können bei der Bildung des kleesauren Kalks in besonderen Säckchen eingeschlossen sein; aber diese kleinen Höhlen sind nur die Räume, in welchen, nicht die, durch welche die Verwandlung geschieht.

Der Begriff eines Organs muss — wenn man einige Rechenschaft von der Veränderung der chemischen Beschaffenheit der Körper in der organischen Natur geben will — analysirt und zu seiner wahren Bedeutung zurückgeführt werden (s. weiter Umsetzung der Substanzen in Pflanzen und Thieren).

Ueber die Kristallbildung in Pflanzen hat *Unger* [1]) viele Beobachtungen mitgetheilt. Aus *Piper blandum, Ficus bengalensis* und *Maranta zebrina* erhielt er Kristalle, die aus einer organischen Säure und Kalk bestanden; die organische Säure war in den beiden letzten Kleesäure; von *Piper blandum* konnte er dieselbe nicht bestimmen [2]).

Thierische Flüssigkeiten, von welcher Art sie auch sind, enthalten stets aufgelöste kristallisirbare Substanzen: das Blut, die Lymphe, der Speichel, der Harn, die Galle u. s. w. Aber die Menge der Flüssigkeit, in welcher sie aufgelöst sind, und die Bewegung dieser Flüssigkeiten, welche unaufhörlich in den meisten Theilen des Organismus stattfindet, hindert die Ausscheidung derselben, die bei den Pflanzen grade durch entgegengesetzte Ursachen so sehr erleichtert wird. Im normalen Zustande findet man denn auch im Körper der Thiere keine Kristalle, keine Ablagerung anorganischer Substanz, wenn man allein die Knochen und angrenzenden Gewebe ausnimmt, bei

[1]) Annalen des Wiener Museums, Bd. II. S. 1.

[2]) S. noch *Meyen* Physiologie I, S. 212.

welchen eine trägere Bewegung der Nahrungsflüssigkeit eine Hauptursache der Ablagerung von Kalksalzen ist. Dergleichen Absonderungen sieht man auch in den Schaalendecken einiger Thiere, in der Bildung der Schneckengehäuse, in Muschel- und Austerschaalen, in der Entwicklung der kalkichten Hülle der Vogeleier u. a. m. [1]).

In allen diesen Organen würde keine Ablagerung fester Substanzen möglich sein, eben so wenig wie in den Muskeln und ähnlichen Geweben, wenn die Flüssigkeit, welche durch die letzteren schnell und unaufhörlich in reichlicher Menge circulirt, auch hier rasch durchströmen könnte; oder wenn die feste Substanz in diesen einmal abgelagert wäre, so würde eine rasch und im Ueberfluss durchströmende Flüssigkeit dieselbe wieder auflösen und fortführen.

Diese allgemeine Darstellung kann die Wissenschaft jetzt davon geben; die Einzelnheiten gehören zur Behandlung der einzelnen Gewebe.

Aus dem Angeführten erhellt aber, weshalb bei den Pflanzen die kristallinische Ablagerung fester Substanzen so häufig, bei den Thieren im Gegentheil so selten ist.

Wenn die Praecipitate in der organischen Natur aus einer reichlichen Menge Flüssigkeit entstehen, zeigen sie sich vorzugsweise im Thierreich als Krankheitsprodukte. Es giebt hier viele Concremente von grosser Wichtigkeit. In den Eingeweiden entstehen der Bezoar, die Pferdesteine; in den Gallengängen, die Gallensteine; in den Harnwerkzeugen Gries und Stein, ein Praecipitat oder ein kristallinisches Concrement; im inneren Gehör und in den Speichelgängen feste kalkichte Concremente; in den Rippenknorpeln und den Arterienhäuten Verknöcherungen; in den Eierstöcken und bei Arthritis Ablagerung fester Substanzen in Geweben, die denselben fast fremd sind.

Die allgemeine Ursache der Bildung dieser Praecipitate ist, dass einer oder mehre von den festen Bestandtheilen in der

[1]) S. weiter *Valentin* in *Wagner*'s Handwörterbuch I, S. 636.

Flüssigkeit in reichlicherer Menge vorhanden sind, als die Flüssigkeit gelöst erhalten kann. In der Galle z. B. Cholesterin, im Harn kleesaurer Kalk, harnsaurer Kalk, Harnsäure. Wenn die Stoffe im Urin Praecipitate geben können, so entsteht Gries. Wenn sie sich hingegen langsam ablagern können, so entsteht eine gewöhnliche Kristallisation, von der man mit Unrecht glaubt, dass sie immer um einen Schleimflocken, um einen fremden Kern zu entstehen anfange. Ein gewöhnlicher Kristall braucht zur Entstehung keinen fremden Kern, ebensowenig die Harnsäure, wenn sie in reichlicher Menge vorhanden ist, wo sie die Neigung zur Kristallisation im thierischen Körper besitzt. Die Ursache, durch welche diese festen Körper wachsen, ist auch die erste Ursache ihrer Entstehung; durch den Ueberschuss der festen Substanzen entsteht ja die Neigung zur Bildung eines kleinen Kristalls, und zur Vergrösserung des schon entstandenen. Die Entstehung solcher Concremente ist eine Wirkung, an welcher der Organismus keinen thätigen Antheil nimmt; sie muss der Praecipitation oder Kristallisirung auf gewöhnlichem chemischem Wege gleichgestellt werden. Die Darmsteine der Pferde entstehen aus den Salzen der Nahrungssubstanzen; der Bezoar, der Lithofellinsäure enthält, aus einem Produkte der Galle [1]).

Pflanzengewebe.

Durch eine kleine Zahl von Geweben hat die Natur das Pflanzenreich mit aller Verschiedenheit der äusseren Form, mit aller Mannigfaltigkeit der zusammensetzenden Theile zu Stande gebracht. Als Hauptorgan trifft man die Zellen, von deren Entstehung und Bau wir so eben geredet haben; kleine häutige Säckchen, die, wenn sie gleich auf verschiedene Weise an ein-

[1]) *Guibourt*, in Comptes rendus, Tom. 16, p. 130. *Berzelius* Jahresbericht 1843, S. 670. Ich rede hiervon nur mit einem Worte, weil diese ganze Sache nur an allgemeine chemische Regeln gebunden ist, und nicht an jene besonderen, die in der organischen Natur herrschen.

ander gereiht und in neue und andere Formen verwandelt sind, dennoch die Hauptmasse der Pflanzen ausmachen.

Dass eine einzige Zelle eine Pflanze bilden kann, wurde schon früher bemerkt. Einige wenige, die zu einem Ganzen aneinandergereiht sind, stellen einige Schimmelpflänzchen dar. In demselben Verhältnisse, in welchem diese Aneinanderreihung mehr zusammengesetzt ist, sind die Pflänzchen im Stande, mehre Functionen zu verrichten, und zeigen sie auch andere Formen. In demselben Verhältnisse, in welchem sich aus jenen Zellen andere Organe entwickeln, nimmt ebenfalls die Mannigfaltigkeit in den Verrichtungen und Formen zu, so dass die Erforschung der Stellung, der Form, der Aneinanderreihung, der Metamorphosen der Zellen in den Pflanzen, die Erforschung der Gewebe derselben ist.

Die pflanzlichen Zellen haben mit den thierischen einige Uebereinstimmung, zeigen aber auch wichtige Unterschiede von denselben. Die wichtigste Uebereinstimmung ist gewiss die selbständige Existenz und Thätigkeit.

Die pflanzlichen und thierischen Zellen zeigen jedoch eben so viele Verschiedenheiten, wie die Mannigfaltigkeit der Individuen, denen sie angehören, gross ist. Eine Pflanzenzelle bildet keine thierische Gewebe, eine thierische keine pflanzliche. Pflanzenzellen bestehen aus ganz anderen Substanzen, als thierische Zellen enthalten. In keiner thierischen Zelle hat man eine Spur von der Substanz gefunden, aus welcher die nicht verdickten Pflanzenzellen ausschliesslich bestehen, von der Cellulose. Indem diese in allen Pflanzen ohne Unterschied den Bestandtheil der ursprünglichen Zellen ausmacht, ist sie die Ursache der Uebereinstimmung im Bau und in den Verrichtungen der Pflanzen, und weil sie bei den Thieren fehlt, auch die Ursache der Verschiedenheit, welche zwischen pflanzlichen und thierischen Zellenreihen besteht. Diese Cellulose verschwindet nie ganz in den durch das Alter veränderten Zellen, es treten aber oft neue Substanzen hinzu.

Zweitens ist der Unterschied zwischen den Zellen von Pflan-

zen und Thieren merkwürdig, dass erstere eine grosse Neigung haben, die Zellenform zu erhalten, letztere, dieselbe zu verlieren. Denn ausser in den verschiedenen Arten von Epithelien, Federn, Knorpelgewebe und einigen wenigen anderen, trifft man in den entwickelten thierischen Geweben stets metamorphosirte Zellen, oder andere ursprünglich aus Zellenkernen entwickelte Theilchen, die von ihrer früheren Entwicklung häufig nichts mehr als den Zellenkern — oder selbst diesen nicht einmal — übrig behalten haben, während im Gegentheil die Masse der Pflanzen, sowohl der Gefäss- als der Zellenpflanzen, aus selbständigen Zellen fortbesteht, deren Wände nur an Dicke zunehmen. Selbst das was die Botaniker Gefässe nennen, ist — wenn man die Milchsaft führenden und Spiralgefässe ausnimmt — eine Art verlängerter Zellen, und folglich mit dem Namen Zellen ebenso gut zu unterscheiden.

Es liegt, leider! noch ein dichter Schleier über der Kenntniss der Pflanzenzellen, obgleich die tüchtigsten Naturforscher sich mit dem grössten Eifer auf ihre Untersuchung gelegt haben. Zellenreihen, die in der Form übereinstimmen, deren chemische Zusammensetzung nicht verschieden zu sein scheint, die durch dieselbe Substanz genährt werden, zeigen eine grosse Mannigfaltigkeit in ihren Produkten. Und im Ganzen herrscht die grösste Uebereinstimmung zwischen Pflanzenzellen, während doch die Produkte derselben der Form und der Substanz nach so mannigfaltig sind. Es besteht eine allgemeine Substanz, die Cellulose, in allen Pflanzen, als Grundstoff, als Baustoff der Pflanzenzellen. Aber grade deshalb, weil eine einzige Substanz die verschiedensten Formen annehmen kann, lässt sich jetzt dieser Theil der Naturlehre noch nicht gehörig entwickeln.

Bindesubstanz der Zellen.

Man war lange darüber ungewiss, auf welche Weise die Pflanzenzellen und die anderen einfachen Pflanzenorgane unter einander verbunden waren. Eine selbständige Zellenbildung,

sei es nun im Sinne von *Schleiden* und *Schwann*, oder von *Mirbel*, oder auf irgend eine andere Weise, lässt diesen Punkt der Vereinigung der Zellen unter einander noch ganz unentschieden. Zwei neben einander liegende membranöse hohle Kügelchen hängen deshalb noch nicht zusammen, nicht innig zusammen, bilden kein Gewebe.

Ausser diesem Zusammenhange giebt es noch einen anderen Punkt zu entscheiden, nämlich ob die Zellenwände unmittelbar zusammenhängen, oder ob es zwischen beiden eine Substanz giebt, welche die Wände mit einander verbindet.

Nach *Mohl* ist diese Verbindung von der Art, dass nicht die einfachen zusammensetzenden Organe direkt mit einander verbunden sind, sondern dass diese Verbindung durch eine eigene Substanz, die er Intercellularsubstanz nennt, geschieht. Es giebt ja viele Pflanzen, vor allen die Fucusarten, bei welchen die Zellen so weit aus einander liegen, dass ihre Wände einander unmöglich erreichen können, und also ein leerer Raum zwischen denselben sein müsste, wenn sich keine Substanz zwischen denselben fände. Was man zwischen diesen Zellen antrifft, nennt *Mohl* Intercellularsubstanz.

In diesen Pflanzen, in welchen die Zellen weit aus einander liegen, bildet jene Substanz eine grosse Masse der Pflanze. Aber bei den meisten Pflanzen verhält sich die Sache nicht so. Es könnte also noch die Frage sein, ob dort, wo die Zellen und Gefässe an einander grenzen, diese Intercellularsubstanz nicht fehle. Aber auch dort hat man dieselbe gefunden, und zwar namentlich dadurch, dass man die zwischen diesen Zellen vorhandene Substanz durch Salpetersäure aufgelöst hat, ohne den Zellen zu schaden, oder sie nur im Geringsten anzugreifen.

Was dies übrigens für eine Substanz sei, ist ebensowenig bekannt, wie die Art und Weise, auf welche sie entsteht.

In den Untersuchungen, die ich mit meinem Collegen *Harting* anstellte (siehe unten), haben wir sehr oft Spuren einer Intercellularsubstanz gefunden. Bei Irissamen, Fig. 82, und Phytelephassamen, Fig. 85, weichen die Zellen unter der Ein-

wirkung von starker Schwefelsäure sogleich aus einander, indem zwischen beiden ein heller Rand bleibt, was nur von einer aufgelösten Intercellularsubstanz herrühren kann. Ebenso in vielen anderen Beispielen, die man in den Abbildungen nachsehen kann. Allein einer bestimmten Vorstellung von einer allgemeinen Intercellularsubstanz glauben wir dennoch nicht anhängen zu dürfen. In bei weitem den meisten unserer Untersuchungen sahen wir dieselbe fehlen.

Unter den Stoffen, die man als Intercellularsubstanz ansehen darf, die wenigstens eine Grenze zwischen den Wandungen junger Zellen darstellen, darf die Pectose genannt werden. Theilweise dringt diese Substanz in die Zellwand selbst ein, aber theilweise, wenigstens in Knollen, trennt sie auch die Zellen von einander, und legt sich als äusserste Schichte um die Cellulose. Im Collenchym einiger Pflanzen sahen wir dasselbe (s. Collenchym).

Pflanzenzellen.

Die Pflanzenzellen können durch verschiedenes Wachsthum verschiedene Formen annehmen. Wenn keine äussere Ursachen auf dieselben einwirken und wenn die Substanz in denselben regelmässig vertheilt ist, sind dieselben kugelförmig. So findet man dieselben in jugendlichen Pflanzentheilen und im Merenchym krautiger Pflanzen.

Wenn sie sich in grosser Menge entwickeln und ihre Ausdehnung stets zunimmt, drücken sie dabei gegen einander, und sind sie von derselben Grösse, so muss, da eine Kugel nur mit zwölf Kugeln in Berührung sein kann, eine Zusammendrückung zu einem regelmässigen Dodecaëder stattfinden. Solche, wenn auch nicht ganz regelmässige Zellen findet man häufig.

Durch die verschiedene Ernährung oder durch die Ausdehnung verändern sich die Zellen vorzüglich in der Form. Wodurch diese verschiedene Ernährung oder Ausdehnung bedingt wird, ist nicht bekannt, aber wir sehen die letzten Resultate dersel-

ben. Bisweilen findet die Vergrösserung nach zwei entgegengesetzten Richtungen statt, so dass dieselben oval werden, wodurch, indem sich die einander zunächst liegenden gegenseitig drücken, zunächst cylindrische und dann prismatische Zellen entstehen, eine Form, die man, wenn sie gut charakterisirt ist, verlängerte Zellen nennt.

Man findet in den Pflanzen ganz einfach zufolge dieser beiden Ursachen, der gleichen oder ungleichen Ernährung oder Ausdehnung der Zellenmembran, und der Gegenwart oder Abwesenheit des Drucks, eine grosse Mannigfaltigkeit nicht nur in der Zellenform, sondern auch in der Natur der Zellenwand, in der Form der aus den Zellen gebildeten Theile, ja der ganzen Pflanze. Eine Gleichmässigkeit der äusseren Form in derselben Pflanzenart lehrt uns eine grosse Beständigkeit in der Form der Zellen bei derselben Art kennen, von welcher die Wissenschaft noch keine Rechenschaft geben kann. In jugendlichen Zellen ist die Membran homogen, entdeckt man wenigstens keine Structur in derselben. Wenn sie aber älter wird, zeigt sie sich meist bedeutend verändert.

Dass diese Homogenität nicht in dem strengsten chemischen Sinne aufgefasst werden darf, ist deutlich. Sie bezieht sich nur auf das mikroskopisch zu Unterscheidende. Im chemischen Sinne ist gewiss keine Zellmembran einer anderen gleich, wenn sie nicht vollkommen dieselbe Form besitzt und vollkommen dieselben Substanzen durch ihre Poren durchlässt.

In jugendlichen Zellen sind es nicht die Zellenwände, welche man als die thätigsten Theile der Pflanzen zu betrachten hat, nicht die Zellenwände, deren materielle Verschiedenheit einen starken Einfluss auf die Flüssigkeiten ausübt, welche durch dieselben hindurchziehen, so dass diese Flüssigkeiten dadurch eine chemische Veränderung erlitten.

Im Allgemeinen hat man auch der Gegenwart stickstoffhaltiger Bestandtheile in der Wand der aus Cellulose bestehenden jugendlichen Zellen einen zu hohen Werth beigelegt. Aus Beobachtungen, die weiter unten folgen, geht hervor, dass sich in

jugendlichen Zellenwänden häufig keine Spur von stickstoffhaltigen Körpern, die Thätigkeit erregen könnten, findet, wohl aber in dem jugendlichen Zelleninhalt; während in älteren Zellenwänden das Verhältniss grade umgekehrt ist [1]).

Daraus geht hervor, dass die Thätigkeit keineswegs von der Wand der jugendlichen Zellen ausgehen kann und dass die stickstoffhaltigen Substanzen des Inhalts und der Wand von jungen und alten Zellen, wenn sie auch beide Proteinkörper sind, keineswegs dieselben sein können. Die in der Wand älterer Zellen vorhandenen scheinen in einen Zustand geringerer Umsetzung übergegangen zu sein; wahrscheinlich sind sie coagulirtes Pflanzeneiweiss geworden, während die des Zelleninhalts jugendlicher Zellen in einer löslichen Form, als Hauptquelle des Stoffwechsels in den Pflanzen betrachtet werden müssen [2]).

In den häutigen Säckchen selbst geht also die Erzeugung neuer Stoffe vor sich; die Zellen selbst sind vorzugsweise die Aufbewahrungs- und Scheidungsstellen des Zelleninhalts. In den Tausenden von Säckchen, die im jugendlichen Zustande mit verschiedenartiger Flüssigkeit gefüllt sind, tritt hier eine neue Substanz hinzu, und wird anderswo eine andere ausgeschieden und gegen die Zellenwand oder als Inhalt der Zelle abgelagert. Diese Tausende von kleinen, mit besonderen Membranen versehenen Höhlen, die zum Theil geschieden sind, zum Theil Gemeinschaft mit einander haben, sind so als Tausende kleiner chemischer Apparate zu betrachten, in welchen chemische Wirkung herrscht.

Die Zellenmembranen jugendlicher Zellen aber als ganz pas-

[1]) Zellwand wird hier im allgemeinen Sinne genommen, und *Mohl*'s Primordialschlauch hier nicht zur Wand gebracht; es ist eine körnige innere Schichte der Zellwand, die aus Cellulose gebildet ist, sich durch Branntwein zusammenzieht, und sich sehr häufig in alten und jungen Zellen findet.

[2]) *Payen* hat offenbar das Protein des Inhalts mit dem der Wand verwechselt (s. S. 213).

siv zu betrachten, wäre ebenso unrichtig, wie ihnen die erste und letzte Quelle chemischer Thätigkeit zuzuschreiben. Sie bestehen aus thätigen Theilchen, wenn auch die erste Thätigkeitsquelle nicht von diesen Theilchen hergeleitet werden darf. Ihre Thätigkeit zeigt sich uns zunächst in ihrer activen Entwicklungsweise, sodann in den Verwandlungen und Verdickungen ihrer Wände: Metamorphosen, die zweifelsohne von Substanzen des Zelleninhalts ausgehen, aber dennoch durch die Membran aufgenommen werden, so dass diese also keine passive, sondern eine active Rolle spielt, d. h. auf den Inhalt reagirt.

Aus den Beobachtungen, welche ich mit *Harting* machte, trat in dieser dünnen Zellwand sehr oft eine grosse Menge kleiner Oeffnungen zum Vorschein, die später näher behandelt werden sollen. Ich lasse hier unten eine Aufzählung dieser Beobachtungen folgen [1]).

Die sich stets vergrössernden Zellen können nicht auf dieselbe Weise ernährt werden, auf welche sie durch gleichmässige Vertheilung der Substanz bei geringerer Ausdehnung Nahrung erhielten. Wenn diese Grösse gewisse Grenzen überschritten

[1]) Die Oeffnungen, die in der aus Cellulose bestehenden Zellwand unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure zum Vorschein kamen, wurden in den folgenden auf's deutlichste beobachtet. In den dünnwändigen Markzellen von Hoja carnosa; in den Parenchymzellen von Euphorbia caput-medusae; in einer Zelle, deren Querdurchmesser 0,03777 M. M. war, zählte man deren 45; im Marke von Asclepias syriaca sind sie gross und länglich; auch in den sehr jugendlichen Holzzellen, die durch Jod und Schwefelsäure noch blau werden; im Parenchym von Tradescantia virginica; in den jungen Parenchymzellen von Cycas revoluta; in den jugendlichen Holzzellen von Clematis Vitalba; in den Ringzellen von Opuntia microdasis. In Tradescantia waren sie von 0,0005 bis 0,0018 M. M. In sehr jungen Blättern von Sempervivum arborescens, die noch lange nicht entwickelt waren, hatten sie eine Grösse von 0,0007 bis 0,0014 M. M. Weiter sahen wir dieselben in alten und jungen Markzellen von Clematis Vitalba. In einem alten Blatt von Sempervivum waren sie eben so gross wie in einem sehr jungen.

Aus dem, was hier mitgetheilt ist, geht hervor, dass das, was S. 192 und 197 über diese Oeffnungen vorkommt, für die Zellen, in welchen die Oeffnungen gesehen sind, hinwegfallen muss.

hat, vertheilt sich die durch die Zellwand herbeigeführte Substanz spriralförmig über die Innenwand der Zellmembran.

Wodurch aber diese Substanz, welche auf die Zellmembran spiralförmig abgelagert wird, diese Gestalt annimmt, ist nicht bekannt, ebensowenig wie man weiss, weshalb Alaun die Octaëderform annimmt. Von solchen Dingen kann die Wissenschaft keine Rechenschaft geben; man erkennt sie einfach als Wahrheiten.

Diese Spiralen, welche in oder gegen die Wände der Zellen abgelagert werden, bestehen bisweilen nur aus einigen wenigen Umwindungen. Verwächst eine solche kleine Zahl von Umwindungen, so entsteht aus derselben ein Ring in der Zellwand (Cellulae annuliferae); oder mehre spiralförmige Fäden entwickeln sich gegen die Zellwand, und verwachsen mit derselben, wodurch ein netzförmiger äusserlicher Ueberzug entsteht (Cellulae retiferae); bisweilen weichen die Spiralen, welche gegen die Zellwand ausgebreitet sind, an bestimmten Stellen von einander, und wenn sich die Zelle nun nicht mehr ausdehnt, so verwächst die Spirale ausser an den genannten Stellen (Cellulae porosae) [1]. Die Substanz, aus welcher die Spirale besteht, werden wir nachher näher behandeln.

Die Zellmembranen sind in jugendlichen oder krautartigen Pflanzen durchsichtig, meistens farblos, in einigen Pflanzen aber mit einer gefärbten Substanz durchtränkt, so wie z. B. bei vielen Moosarten. Meistens aber entsteht diese Farbe der Zellmembran durch den Inhalt, mit welchem dieselbe befeuchtet ist, oder der durch die dünne Membran gefärbt hindurchscheint. In sehr vielen Pflanzengeweben sind aber die Wände der Zellen verdickt, Substanzen gegen dieselben oder auch in den Wandungen abgelagert, so dass diese dadurch ausgedehnt und gefüllt werden. Diese die Wandungen der Zellen verdickende Substanz kann von sehr verschiedener Natur sein.

[1]) *Schleiden*, Wiss. Bot. I. S. 200.

In vielen Zellen, deren Wände verdickt sind, beobachtet man viele auf einander gelagerte Schichten, die bei vorsichtiger Behandlung in eine Menge in einander eingeschachtelter Schichten getrennt werden können.

Von den verdickten Zellenwänden werden einige durch Kochen in Wasser dünner und aufgelöst. Man findet diese bei vielen Flechten, z. B. bei Cetraria islandica, wo die in der Zellmembran abgelagerten stärkmehlartigen Substanzen die Wände derselben verdicken, ohne im geringsten eine Spur eines Stärkmehlkörnchens zu zeigen ($C^{12} H^{20} O^{10}$) (S. 223). Diese Moosstärke gehört also zu der inkrustirenden Substanz, zu derjenigen, welche secundaire Zellmembranen bildet; die ursprüngliche besteht in Isländischem Moos aus Cellulose (S. 204) [1]. Andere Zellwände (in Aepfeln u. s. w.) werden durch Kochen dick, gallertig und enthalten dann Pectose; andere, wie bei Sphaerococcus crispus, enthalten Pflanzenschleim ($C^{24} H^{38} O^{19}$) [2]. Andere wieder werden in Kali dünner und verlieren dann die Holzsubstanz, welche sich unter der Einwirkung von Kali in Ulminsäure verwandelt, während sie die Cellulose-Schichte grössthentheils zurücklassen. Dies sieht man in allen Holzgeweben (S. 204).

Die Zellmembran ist, so weit sie aus Cellulose besteht, unlöslich in Wasser und fast unlöslich in Alkalien; in concentrirter Schwefelsäure wird sie zersetzt; verdünnte Schwefelsäure verwandelt sie bei der Siedhitze in Dextrin.

Ursprüngliche Zellwand.

Die Zellwand der Pflanzen ist von vielen Pflanzenphysiologen untersucht worden. *Kützing* [3]) sah bei den Algen, dass

[1]) *Fromberg* fand weniger Wasserstoff in dem mit Kali nicht hinlänglich ausgezogenen Gewebe der Moosarten, als *Heldt*, in Ann. d. Chem. und Pharm. B. 38, S. 1. (s. oben S. 204.)

[2]) Die Resultate der Analysen (S. 246) von Pflanzenschleim müssen zufolge näherer Versuche von *Schmidt* nach dieser Formel modificirt werden. Vgl. *Scheik. Onderz.* D. III.

[3]) Phycologia generalis.

eine einzige Zelle häufig aus mehren in einander geschachtelten bestand, und die Wand der gemeinschaftlichen Zelle also so viele Schichten hatte, wie Zellen in einander geschachtelt waren. *Hartig* [1]) glaubt, dass die Zellwand aus drei auf einander geschichteten Häutchen besteht, und folglich dreifach ist. Die innerste entwickelt sich zuerst; die äusserste umgiebt das Ganze, ausser an der Stelle, an welcher die Zellen einander berühren; zwischen diesen beiden liegt eine viel dickere Schichte, als die beiden äusserlichen, welche die innere gänzlich umgiebt. Behandelt man eine Zelle mit Jod, und befeuchtet man sie darauf mit SO^3, so färben sich nach ihm die innerste und äusserste Wand gelb, während die mittlere blau wird und stark aufquillt, bei concentrirter Säure selbst ganz gelöst wird. Diese Beobachtungen von *Hartig* wurden durch die unsrigen nicht bestätigt. Die dünnwändigen Zellen besitzen nur zwei, die dickwändigen eine, zwei, drei oder vier Schichten.

Mohl [2]) hat diesen Gegenstand neulich näher untersucht. In einjährigen Baumsprossen oder in Stämmen einjähriger Pflanzen fand er stets in der Zelle eine eigene Wand, oder eine innere Membran, welche sich von der übrigen Zelle sehr gut unterscheiden lässt. Es ist ein dünnwändiges, ganz geschlossenes Bläschen, und zeigt sich gut, wenn man den Pflanzentheil in Branntwein sehr lange aufbewahrt hat, wodurch es sich zusammenzieht und sich mehr oder weniger von der übrigen Zellwand löst. Es färbt sich durch Jod gelb oder braun, und findet sich allgemein sowohl bei Mono- als Dicotyledonen, welche *Mohl* untersuchte. Wenn man es während wenigen Minuten mit Salpetersäure oder Salzsäure behandelt, mit Ammoniak sättigt und mit Jod färbt, kommt es ebenfalls, und zwar sehr schnell, zum Vorschein.

Wenn der Zellenkern noch vorhanden ist, so liegt dieser nach *Mohl* in der so eben genannten inneren Membran. Die

[1]) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, Berlin 1843.

[2]) Bot. Zeitung, 12. April 1844.

Wand dieser Membran ist nicht vollkommen glatt, sondern fein körnig. Nach *Mohl* wird sie durch Jod und Schwefelsäure gelb, während die übrige Zellwand blau wird; in verdünnter Schwefelsäure wird die erstere oder innere Wand weder der Form nach verändert, noch aufgelöst. Diese innere Zellwand, welche *Mohl* Primordialschlauch nennt, ist verschieden von dem, was *Hartig* die innere Zellwand, Ptychode, nennt. Nach *Hartig* ist es die innere Wand der schon ausgewachsenen Zelle, während *Mohl's* Primordialschlauch nach diesem dann schon lange verschwunden sein sollte. *Mohl* glaubt nämlich, dass sie — indem die Zelle älter wird, und also, indem durch fortwährende Ablagerung secundärer Schichten die Zellwand immer mehr verdickt wird — stets dünner und allmälig gelöst wird, so dass sie entweder als ein sehr dünner körniger Ueberzug fest mit der Zellwand verbunden wird, oder aber, dass sie nicht mehr als eine geschlossene Membran, sondern nur netzförmig diese bedeckt, und endlich ganz aufgelöst wird und verschwindet. In den von *Hartig* und mir gemachten Beobachtungen sahen wir es in dünnwändigen Zellen im Gegentheil *nicht immer*, aber in Holzzellen, wenn sie jung waren, *immer*, während es in alten häufig fehlte. Bei den Holzzellen hängt das Verschwinden des Primordialschlauchs nach *Mohl* hingegen mit den ersten Spuren der Ablagerung secundärer Schichten zusammen.

Aus den genannten Versuchen von *Mohl* geht hervor, dass die genannte innere Zellmembran einigen Einfluss auf die gefundene Zusammensetzung der Cellulose haben kann. Dass es eine andere Substanz ist, als die nach aussen liegende Zellwand, ging aus der Reaction mit Jod und Schwefelsäure hervor. Aber welche Substanz es ist, lässt sich für jetzt noch nicht bestimmen.

Nach *Mohl* kommt in jeder jugendlichen Zelle die genannte innere Zellmembran vor, so dass ihre Entstehung mit der Entstehung der Zelle selbst zugleich stattfindet. Es scheint ihm durch den Kern erzeugt zu werden (vgl. S. 375) und seiner-

seits die eigentliche Zellmembran zu erzeugen, diejenige nämlich, welche bleibend ist und aus Cellulose besteht, obgleich *Mohl* darüber keine bestimmte Beobachtungen mittheilt.

Payen [1]) spricht häufig von einer inneren Membran in den Zellen, welche unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure, nicht wie die Cellulose, blau oder violett, sondern gelb wird, welche gelbe Färbung er einem stickstoffhaltigen Körper zuschreibt. Fig. 10. pl. 1. zeichnet er einen Durchschnitt eines Samenlappens von Leinsamen, und Fig. 1 von Zellen von Aeschynomene paludosa, in welchen diese Membran netzförmig ist. Es scheint dasselbe Gebilde zu sein, das *Mohl* mit dem Namen Primordialschlauch bezeichnet. Man sieht es sehr deutlich in Aloë Lingua, Fig. 8, in den Markzellen von Tilia parvifolia, Fig. 24, hier unten nach den Beobachtungen, welche ich mit *Harting* gemacht habe, weiter Fig. 11, 16, 18 und in vielen anderen.

In der bleibenden Zellwand muss man nach *Mohl* zwei Theile unterscheiden, von denen er den äussersten für den ältesten hält [2]). Viele vollkommen homogen scheinende Zellmembranen verhalten sich indessen nach ihm nicht so, und zeigen deutlich einige Schichten, wenn sie mit Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure befeuchtet werden. Bei zarten Zellen wende man nach *Mohl* die beiden letzteren, bei festeren Schwefelsäure an. Die blaue Farbe, welche Jod mit Schwefelsäure in denselben erzeugt, leitet *Mohl* von der Einwirkung der Säure auf die Substanz der Zellwand, und keineswegs, wie *Harting*, vom Jod selbst ab.

Da nun bei der Gegenwart secundärer Schichten die äusserste Zellwand, gegen welche diese secundären Schichten abgelagert sind, nach *Mohl* die älteste sein muss, so glaubt er auch hierdurch die Beobachtungen *Hartig's* widerlegt zu haben. Er glaubt um so mehr, dass die secundären Schichten wirklich secundär

[1]) Mém. sur les développements des végétaux, p. 211.

[2]) Bot. Zeitung, 26. April 1844.

sind, weil sie bei einigen Pflanzen nicht über die ganze Zellwand ausgebreitet sind, sondern nur an einzelnen Stellen gefunden werden, so z. B. bei Scotia. Sie sind also von bestimmten thätigen Punkten der Zellwand aus entstanden, an welchen Stellen man sich zweifelsohne eine ähnliche Apposition denken kann, wie bei der Kristallisation stattfindet, bei der homogene Theilchen sich in einer bestimmten Richtung an einanderschliessen.

Was nun die Natur der Substanz betrifft, aus welcher der Utriculus internus (so wollen wir ihn nennen, um uns jedes Urtheils über die Entstehung desselben zu enthalten) besteht, so wird sie in den Zellen des Marks und der Rinde jugendlicher Internodien des Stengels von Phytolacca decandra durch Salpetersäure gelb gefärbt, nachdem sich der Utriculus vorher von der inneren Fläche der Zelle losgerissen und auf einen kleineren Umfang zusammengezogen hat. Bei diesem Hervortreten der Utriculi interni kommen zugleich die Kerne sehr deutlich zum Vorschein, deren in einigen Zellen zwei, in einer einzigen drei, und in denen, in welchen Zellenvermehrung durch Scheidewände (S. 386) stattfindet, keine gefunden wurden.

Der Utriculus internus ist dann ebenso wie die Kerne in Salpetersäure nicht nur unlöslich, sondern ersterer wird auch durch diese und andere Säuren, und auch durch Alkohol contrahirt. Durch Schwefelsäure und Salzsäure erscheint derselbe deutlich, aber am deutlichsten durch Salpetersäure und Alkohol. Dass derselbe, während die Zellenkerne farblos bleiben, unter der Einwirkung von Salpetersäure, besonders wenn nachher Ammoniak hinzugesetzt wird, gelb wird, lehrt, dass er Protein als nachweisbaren Bestandtheil enthält, was indess nicht immer der Fall ist (s. Aloë lingua, Fig. 8). Die Färbung durch Salpetersäure in Phytolacca ist aber nicht der Art, dass Protein als ein Hauptbestandtheil betrachtet werden könnte; von Cellulose enthält er hier keine Spur; denn Jod und Schwefelsäure färben ihn nicht blau, was ein gewisses Kennzeichen von Cellulose wäre.

Während wir also *Mohl's* Beobachtung über die Gegenwart eines Utriculus internus, einer Membran, die sich durch die genannten Reagentien von der Zellwand nach Innen ablöst und zusammenzieht und den ganzen Inhalt der Zelle mit sich führt, vollkommen bestätigt fanden, ist es uns nicht gelungen, zu bestimmen — ausser in Phytolacca und in einer jungen Agave, in welchen wir den Kern in dem Utriculus zu sehen glaubten — wo der Kern gefunden wird, ob in dem Utriculus internus, oder in der übrigen Zellwand, und wir haben denselben häufig in sehr alten Zellen — die nachher zu nennen sind — vollkommen unversehrt gesehen, aus welchem Grunde wir ihn auch nicht primordialis nannten. In dickwändigen und dünnwändigen incrustirten und nicht incrustirten Zellen fanden wir ihn, so dass wir daran zweifeln, ob diese innere Schichte wohl die Bedeutung hat, die *Mohl* derselben beilegt. Stickstoffhaltige Substanzen enthält sie in einigen Fällen, in anderen aber keine nachweisbare Spur derselben. Die Function derselben ist also noch nicht mit Gewissheit ermittelt, ebensowenig wie die Substanz, aus der sie besteht (*Harting* und *M.*).

Aus Cellulose bestehende Zellwand.

Schleiden hat (*Pogg.* Annalen, Bd. 42) eine Eigenschaft jugendlicher Zellmembranen mitgetheilt, welche später von *Liebig* (Ann. d. Chem. und Pharm., Juni 1842, S. 305) näher geprüft ist. Wenn man nämlich auf mit Jod durchtränkte jugendliche Zellmembranen Schwefelsäure (3 Theile durch 1 Theil Wasser verdünnt) eine halbe Minute einwirken lässt, so entsteht eine blaue Substanz, die auf's deutlichste die Farbe von Jodstärke hat, und zu der Ansicht führen muss, dass unter der Einwirkung von Schwefelsäure aus der Zellmembran Stärkmehl geworden ist.

Diese Thatsache, dass jugendliche Zellmembranen durch Schwefelsäure die Eigenschaft bekommen, sich durch Jod blau zu färben, verdient in mehr als einer Hinsicht die Aufmerksamkeit. Zuerst giebt uns dieses Reagens ein ausgezeichnetes Unter-

scheidungsmerkmal bei mikroskopischen Untersuchungen von Pflanzenorganen, so dass dadurch Unterschiede beobachtet werden, die sonst nicht gesehen werden konnten. Zweitens aber verdient *Schleiden's* Entdeckung aus einem chemischen Gesichtspunkte vorzugweise unsere Aufmerksamkeit.

Es steht unter den Chemikern nicht fest, wie Jod und Stärke mit einander verbunden sind. Es besteht kein gewöhnliches Aequivalentverhältniss zwischen diesen beiden Substanzen (S. 219). Dass aber Amylum durch Jod gefärbt werden sollte, wie Baumwolle oder Leinwand durch Rubia Tinctorum, ist deshalb nicht glaublich, weil sehr viele Substanzen organischer Natur Jod aufnehmen, durch dasselbe braun werden, aber nie die eigenthümliche Farbe zeigen, welche Jodstärke giebt. Vertheiltes Jod hat ebenfalls eine ganz andere Farbe, als jene dunkelblaue, welche eine gut bereitete Verbindung von Jod und Stärkmehl zeigt. Endlich erinnere man sich daran, dass ein trocknes Stärkmehlkörnchen und eine sehr verdünnte Auflösung von Kleister beide durch Jod dieselbe blaue Farbe annehmen.

Es sind mir keine drei Körper bekannt, welche diese Farbe durch Jod annehmen [1]; die beiden mir bekannten sind Stärkmehl und jugendliches Pflanzengewebe, wenn es mit Schwefelsäure behandelt wird. Isländisches Moos enthält bekanntlich (Bulletin, 1838, p. 42) Stärkmehl, und die Gallerte desselben schliesst sich also an das eigentliche Stärkmehl an, da ein Theil desselben in Wasser vertheilt, durch Jod blau wird, ein anderer Theil braun.

Der von *Liebig* (l. l., S. 308) erwähnte Versuch verdiente eine besondere Erwägung.

Baumwolle, Papier und andere aus Cellulose bestehende Substanzen — kein Holz, wie man später sehen wird — wurden mit $SO^3 + 2\,HO$ übergossen und rasch umgerührt; es

[1]) Die S. 213 angeführten Gewebe, glaube ich bestimmt für Stärkmehlgebende halten zu müssen.

entstand eine durchsichtige Gallerte, zu welcher Wasser hinzugesetzt wurde. Dadurch wurde ein schön weisses flockiges Praecipitat ausgeschieden, welches mit Wasser abfiltrirt und ausgewaschen wurde, bis die Säure verschwunden war.

Baumwolle wurde mit einer verdünnten Jodtinctur getränkt und getrocknet, und dann auf dieselbe Weise mit Schwefelsäure behandelt. Sie wurde im Augenblicke, als die Schwefelsäure darauf gegossen wurde, dunkelviolett. Wie die gallertigen Substanzen mit Wasser übergossen wurden, wurde ein dunkelblauer Niederschlag gebildet, der filtrirt eine braune, hell durchscheinende Flüssigkeit abfliessen liess. Durch Auswaschen wurde der auf dem Filtrum zurückgebliebene Rückstand von dunkelblau stets heller und endlich ganz farblos und frei von Jod.

Die Substanz des zuerst erwähnten Versuchs, bei welchem Baumwolle mit Schwefelsäure übergossen und das Produkt davon mit Wasser ausgewaschen war, wurde durch Jodtinctur nicht mehr gefärbt. Amylum konnte sie also nicht sein. Setzte man aber Schwefelsäure und dann wieder Jodtinctur hinzu, dann wurde sie zum zweiten Male blau. Ebenso umgekehrt, wenn man sie erst mit Jod befeuchtete, trocknen liess und dann Schwefelsäure zusetzte. Wasser praecipitirte sie wieder mit blauer Farbe, und durch Auswaschen wurde sie von Neuem farblos. In $SO^3 + 2\,HO$ wurde sie wieder gallertig, wie zuerst, aber durch concentrirtere Schwefelsäure, z. B. $SO^3 + HO$, ging sie in einen in Wasser löslichen Zustand über, wodurch sie zugleich die Eigenschaft verlor, durch Jod blau gefärbt zu werden.

Zur näheren Prüfung, ob die erwähnte blaue Verbindung nur ein Gemenge eines fein vertheilten Jodpraecipitats und eines mehr oder weniger gallertigen Körpers wäre, wurde überschüssige Jodtinctur zu essigsaurer Thonerde gesetzt und dann ein wenig kohlensaures Ammoniak hinzugefügt, so dass ein Praecipitat entstehen musste, aber Jod im Ueberschuss blieb. Das Praecipitat war nicht blau.

Zu Wasserglas wurde Jodtinctur gesetzt und darin ein wenig Salzsäure geträufelt. Die gallertig ausgeschiedene Kieselsäure war nicht blau.

Diese Versuche im Zusammenhang mit dem, was oben bemerkt wurde, rechtfertigen den Schluss, dass Jodstärke durch eine andere Ursache gefärbt ist, als durch die feine Vertheilung des Jods, zu welcher Rechtfertigung es überdies nur nöthig wäre, unter dem Mikroskop ein Amylumkörnchen mit Jod zu behandeln und daneben andere, ebenfalls poröse, sich durch Jodtinctur braun färbende Substanzen, deren es im Pflanzen- und Thierreich so viele giebt, zu beobachten.

Ich kann also die Ansicht, welche *Liebig* hierüber in *Geiger's* Handbuch der Pharmacie, S. 1255 geäussert hat, nicht theilen. Im Gegentheil, es muss eine ähnliche Ursache wie die, welche Stärkmehl durch Jod färbt, auch den jugendlichen Zellmembranen unter dem Einfluss der Schwefelsäure diese Farbe ertheilen.

Ist nun die Substanz der jugendlichen Zellmembran durch $SO^3 + 2 HO$ in Stärkmehl verwandelt? Es kann *hierauf nicht* mit Bestimmtheit eine bestätigende Antwort gegeben werden. Denn nachdem die Säure ausgewaschen ist, hört sie auf, diese Reaction zu zeigen, während körniges sowohl wie gallertiges Stärkmehl diese Eigenschaft besitzt. Nachdem sie mit Wasser ausgewaschen ist, ist sie also kein Stärkmehl mehr. Aber ist sie auch Stärkmehl, so lange sie mit Schwefelsäure verbunden ist? Die Gründe, weshalb wir auf diese Frage bejahend antworten, sind folgende: Bemerken wir zuerst, dass Jodtinctur allein jugendliche Zellmembranen nicht blau färbt; dass darauf hinzugesetztes Wasser die blaue Farbe nicht erzeugt; dass verdünnte Schwefelsäure dieselbe nicht zum Vorschein bringt; dass sie nur durch concentrirtere Säure entsteht, und dass sie durch $SO^3 + HO$ rasch verschwindet, wenn sie überhaupt durch dieselbe entsteht und Cellulose in Dextrin verwandelt wird; erinnern wir uns endlich, dass aus Stärkmehl durch Schwefelsäure auch Dextrin entsteht, dann scheinen uns we-

nigstens Gründe zu bestehen, um es für wahrscheinlich zu halten, dass die Zellmembranen, welche durch Jod und Schwefelsäure blau geworden sind, in dem Augenblick wirklich in Stärkmehl verwandelt sind, mit anderen Worten, dass, so lange die Schwefelsäure mit der organischen Substanz verbunden ist, diese wirklich Stärkmehl ist, d. h. dass die Molecüle der Cellulose unter der Einwirkung der Schwefelsäure, wirklich das halbe Aeq. Wasser, das sie mehr als Stärkmehl enthalten ($C^{24} H^{42} O^{21} = 2 C^{12} H^{20} O^{10} + H^2 O$), an die Schwefelsäure abtreten, so dass aus dieser ein höheres Hydrat wird; dass aber, wenn wieder überschüssiges Wasser hinzugesetzt wird, und die Cellulose dadurch die Schwefelsäure verlässt, dies halbe Aeq. Wasser zurückgenommen und wieder Cellulose, wenigstens eine Substanz, welche die Zusammensetzung derselben hat, gebildet wird.

Für diese Meinung erhält man noch mehr Grund, wenn man bedenkt, dass weder Salpetersäure, noch Salzsäure dieselbe Wirkung auf durch Jod gefärbte Zellmembranen haben, während eine vollkommen gesättigte, syrupdicke Auflösung von Phosphorsäure dieselbe Wirkung ausübt, wie $SO^3 + 2 HO$.

Die vorgetragene Ansicht suchten wir näher zu prüfen, allein vergebens. Ein wenig Baumwolle, so lange mit $SO^3 + 2 HO$ behandelt, bis dieselbe gallertig geworden war und also die genannte Veränderung erlitten hatte, wurde in absoluten Alkohol gebracht, mit demselben ausgewaschen und von der Schwefelsäure befreit, ausser aller Berührung mit den Wasserdünsten der Luft. Ebenso wurde nur wenig Kartoffelstärke durch $SO^3 + 2 HO$ in Gallerte verwandelt und durch absoluten Alkohol von der Schwefelsäure befreit. Jodtinctur theilte der Baumwolle keine blaue Farbe mit, dem Stärkmehl hingegen wohl.

Unter diesen Umständen hatten aber die Substanzen das der Schwefelsäure abgetretene Wasser wieder aufnehmen können, ungeachtet der Alkohol vollkommen absolut war. In der Schwefelsäure waren 2 Aeq. Wasser vorhanden, und es gab

also reichliche Gelegenheit, das verlorene Wasser wieder aufzunehmen.

Durch Schwefelsäure in Gallerte verwandelte Baumwolle und die mit Aetzkalkpulver gesättigte Säure gaben kein verschiedenes Resultat. Weder das Wasser, mit welchem die Masse ausgewaschen wurde, noch der unlösliche Rückstand gab eine blaue Farbe, wenn man den Kalk erst mit einer Säure sättigte und dann Jodtinctur hinzusetzte.

Es ist also nicht gelungen, der Baumwolle nach Entfernung der Säure die Eigenschaft zu ertheilen, dass sie durch Jod blau würde, und wenn dieselbe, während sie mit der Schwefelsäure in Berührung ist, wirklich Stärkmehl ist, so hängt dies, auf welche Weise es auch immer sein mag, von der Säure ab, welche die Molecüle der Cellulose für eine Zeit lang in Stärkmehl umsetzt.

Was nun die Zusammensetzung unveränderter Baumwolle I, und der durch Jod unter der Einwirkung von Schwefelsäure erhaltenen, mit Wasser ausgewaschenen und mit Alkohol ausgezogenen, farblosen, pulverförmigen Substanz betrifft, so war sie folgende:

I. Baumwolle mit Alkohol ausgezogen.

C	44,91
H	6,40
O	48,69.

II. Baumwolle mit Jod und Schwefelsäure behandelt.

C	44,30	44,46
H	6,20	6,19
O	49,50	49,34 [1].

Sie haben also beide genau dieselbe Zusammensetzung, und da alle Eigenschaften dieselben sind, so dürfen wir festsetzen, dass nach der Einwirkung der Schwefelsäure, durch das hinzugesetzte Wasser wieder Cellulose hergestellt ist.

[1] Das Nähere über diese und alle die in diesem Kapitel vorkommenden Analysen findet man in *Scheik. Onderz.*, Deel III.

Wenn die Schwefelsäure längere Zeit oder in höherer Concentration auf Pflanzentheile, die aus reiner Cellulose bestehen, einwirkt, so entsteht Dextrin. Diese Eigenschaft macht die Gründe noch wahrscheinlicher, die für eine zeitliche Verwandlung der Cellulose in Stärkmehl sprechen, so lange diese unter dem Einfluss von Schwefel- oder Phosphorsäure steht. Cellulose und Stärkmehl entstehen ja beide in den Pflanzen aus Dextrin (S. 207). Da nun concentrirte Schwefelsäure sowohl Stärkmehl wie Cellulose in Dextrin verwandeln kann, ist es wenigstens keine paradoxe Ansicht, dass weniger concentrirte Schwefelsäure Cellulose in Stärkmehl umsetzt.

Keinenfalls ist die schöne blaue Färbung fein vertheiltem Jod zuzuschreiben, allein sie ist ein so bestimmtes und entscheidendes Zeichen der Gegenwart von Cellulose, dass wir kein schöneres Reagens auf irgend eine chemische Substanz kennen. Jod und Schwefelsäure sind deshalb ausgezeichnete Mittel zur Untersuchung in der Pflanzen-Organographie und Organogenie, deren Werth nicht hoch genug angeschlagen werden kann. Man werfe nur einen Blick auf Fig. 1, B, wo ein Querdurchschnitt eines Internodiums von Hoja carnosa dargestellt ist, wie sich alle Theile unter demselben Einfluss derselben beiden Reagentien, Jod und $SO^3 + 2\,HO$ verhalten.

Aus Cellulose bestehende Pflanzengewebe, namentlich also die nicht verdickten Pflanzenorgane, die Parenchymzellen u. s. w., mit Jodtinctur getränkt und getrocknet, und dann mit $SO^3 + 2\,HO$ befeuchtet, werden immer schön blau. Nach einiger Zeit entfärbt sich aber oft das Gewebe, was vorzugsweise dann geschieht, wenn Schwefelsäure anfängt, dasselbe aufzulösen und in Dextrin zu verwandeln. $SO^3 + HO$ erzeugt deshalb nur einen Augenblick, oder selbst gar keine blaue Färbung in den genannten Geweben. Es ist also unmöglich, dass ein Jodpraecipitat Ursache der blauen Färbung sein sollte, es ist eine wahre Verbindung von Jod mit einer neuen Substanz, die unter der Einwirkung der Schwefelsäure gebildet wird.

Nicht alle Pflanzengewebe erhalten diese Färbung, wie aus

den nachher zu erwähnenden Versuchen hinlänglich hervorgehen wird. Es muss aber an diesem Orte erwähnt werden, dass wir uns stets einer verdünnten Jodtinctur bedienten, mit welcher wir die Gegenstände einmal oder öfters an der Luft trockneten, so dass sie gut von Jod durchzogen waren, und dann träufelten wir $SO^3 + 2\,HO$ auf dieselben, oder concentrirtere Säure, wo dies ausdrücklich erwähnt wird.

Trocknet man das Körperchen nicht vorher, sondern ist es durch die Jodtinctur noch feucht, dann erhält man ein kristallinisches Jodpraecipitat, welches die Beobachtung durchaus stört.

Die Reaction der Jodtinctur und der Schwefelsäure ist eine so allgemeine für Pflanzengewebe, dass wir wohl noch einen Augenblick bei derselben still stehen dürfen. Nicht nur in allen jugendlichen Zellenwänden, sondern in vielen älteren, im Collenchym- und Merenchymgewebe, in allen unverdickten Markzellen ist sie empfindlich, und also ein schönes Mittel, um Cellulose aufzuweisen. Sogar Cellulose, die zur Bereitung und Reinigung der Einwirkung starker Agentien ausgesetzt war, zeigt diese Reaction, z. B. Flachs, wenn er der Einwirkung von Chlor ausgesetzt war; Phytelephassamen auf dieselbe Weise behandelt; Samen von Cocos nucifera mit starkem Kali und Chlor behandelt; von Cocos lapidea zweimal mit starkem Kali und Chlor behandelt (Substanzen, welche *von Baumhauer* analysirt hat, *Scheik. Onderz.*, D. II), zeigen dieselbe Reaction mit Jod und Schwefelsäure alle gleich gut. Dort, wo man mit keiner reinen Cellulose zu thun hat, so wie bei den inneren Schichten der Bastfaserzellen, oder bei den Spiralen der Spiralzellen u. s. w. sind diese beiden Stoffe wiederum höchst werthvoll, um so mehr, da alle andere Reagentien, die wir versuchten, diesen beiden an Vorzüglichkeit weit nachstehen. Wir haben dieselben denn auch vielfach benutzt, und schreiten jetzt zur besonderen Behandlung der verschiedenen Zellenformen in Zusammenhang mit den Substanzen, aus welchen sie zu bestehen scheinen. Ich spreche hier besonders den Leser

um Nachsicht an, da dies ein erster Versuch in diesem Thei der Wissenschaft ist, und ich nothwendiger Weise eine Reihe besonderer Reactionen anführen muss, um die noch zu sehr isolirt stehenden Wahrheiten in diesem Zweige der Naturkenntniss vorzutragen, die in einer geordneten Wissenschaft unter allgemeine Gesichtspunkte gebracht werden können. —

Die runden Merenchymzellen in sehr jugendlichen Blättern von Agave americana verhalten sich in concentrirter Salpetersäure so, dass sie stark aufquellen. Verdünnte Salpetersäure (1 auf 1), zeigt die Zellenkerne, die aber ohne Salpetersäure ebenfalls sichtbar sind, viel schärfer, Fig. 10. In den sehr jugendlichen sieht man den Utriculus internus sehr deutlich und den Kern in der Wand desselben, in einigen sogar zwei Kerne.

Concentrirte Schwefelsäure löst die runden Merenchymzellen rasch auf; Schwefelsäure (4 auf 1) färbt die Wände der vorher durch Jod gefärbten Zellen blau (Fig. 69), den Inhalt braun.

Aus diesen Reactionen geht hervor, dass die runden Merenchymzellen aus lauter Cellulose bestehen. Die Einwirkung der Salpetersäure, bei welcher keine merkliche Färbung erzeugt wird, weder in der Zellwand, noch in den Kernen, lehrt entweder die Abwesenheit jeder Protein-Verbindung, oder die Gegenwart einer nur so kleinen Menge, dass keine wahrnehmbare Xantho-Proteinsäure gebildet worden ist. Ueberschüssiges Ammoniak, nach der Einwirkung der Salpetersäure hinzugesetzt, zeigt wieder gar keine gelbe Farbe, so dass man sicher auf die Abwesenheit wahrnehmbarer Spuren Protein in dieser Zellwand schliessen darf [1]).

[1]) Nach einer Einwirkung von Jod und Schwefelsäure (4 auf 1 Aq.) während 48 Stunden wird durch Ammoniak alles entfärbt, und zeigen sich die Kerne deutlich, die also unter dieser Behandlung keine Veränderung erlitten haben.

Durch Brom zeigt sich der Utriculus internus in sehr alter Agave nach einigen Stunden recht deutlich (*Harting* und *M.*).

Die ovalen Parenchymzellen von Aloë Lingua werden durch concentrirte Schwefelsäure sogleich aufgelöst [1]. Salpetersäure lässt den Utriculus internus (Fig. 8) gut als eine gelbe körnige Membran hervortreten, während die äusserste Zellwand unverändert bleibt. Keine Spur von Kernen [2]. Durch darauf hinzugesetztes überschüssiges Ammoniak ist in dem Utriculus internus keine Veränderung zu bemerken, eben so wenig wie in der äussersten Zellwand [3].

Jod und Schwefelsäure färben die Parenchymzellen schön blau und lösen sie rasch auf. Concentrirte Phosphorsäure (von Syrupconsistenz) löst sie sehr rasch auf, ebenso wie concentrirte Schwefelsäure allein [4].

Königswasser hat keine merkliche Einwirkung auf die Parenchymzellen [5]; der Utriculus internus tritt aber gut durch dasselbe zum Vorschein. Ebenso durch concentrirte Salzsäure und durch verdünnnte Schwefelsäure. Dieser Utriculus ist also wesentlich verschieden von der äusseren Zellwand, die auch hier aus Cellulose ohne irgend eine nachweisbare Beimengung zu bestehen scheint. Der Utriculus internus zieht sich durch Alkohol, Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser und verdünnte Schwefelsäure zusammen; da er aber durch Salpetersäure und Ammoniak nicht gelb oder orangefarbig wird, lässt sich hier an die Gegenwart einer Protein-Verbindung eben so wenig denken, wie in der äussersten Zellwand.

Von diesem Utriculus kann man deshalb nicht wohl sagen, dass er in alten Zellen verschwinde, weil derselbe wenigstens in Aloë Lingua in der Spitze eines alten Blatts überall gefunden

[1] Und das in demselben enthaltene Chlorophyll wird von grün blau.

[2] Hier und da lagen in den Zellen in der Nähe der Gefässbündel grosse runde Körper (Fig. 8, c) mit scharf begrenzten Rändern, körnigem Aussehen und gelber Farbe (Harzkügelchen?).

[3] Die runden Körperchen waren brauner geworden.

[4] Die Chlorophyllkörner werden blaugrün und aufgelöst.

[5] Wohl aber auf das Chlorophyll, dessen Körner viel kleiner werden.

wird, und zwar vollkommen entwickelt, so dass er hier eine bleibende Zellmembran ist, wie *Mohl* gleichfalls angiebt.

In den jugendlichen, noch nicht entfalteten Blättern erzeugt Jod und verdünnte Schwefelsäure in der Zellwand keine Veränderung und auch nicht in den Kernen. Aber durch darauf hinzugesetzte concentrirte Schwefelsäure wurden auch diese Parenchymzellen schön blau. Ebenso in den alten, durch concentrirte Phosphorsäure und dann hinzugesetztes Jod, oder umgekehrt. Phosphorsäure und Schwefelsäure sind also beide im Stande, die Cellulose in Amyloid umzusetzen (*Harting* und *M.*).

Eckige Parenchymzellen von Cycas revoluta an der Basis eines jungen Blattstiels zeigen auf einem Querschnitt eine merkwürdige Verschiedenheit der Substanz, aus welcher die Wand besteht. Die grossen Kerne in denselben werden durch Jod zunächst gelb gefärbt, während die dicken Wände, wenn man nachher verdünnte Schwefelsäure anwendet, mit dreieckigen Zwischenräumen blau werden. Abwechselnd sieht man in der Wand dunkler und heller blaue Stellen, und den äussersten Rand viel heller gefärbt als den innersten derselben Wand; Fig. 27, aa. Ein dünnes gelbes Häutchen (Utriculus internus) liegt nach Innen gegen dieselbe; Fig. 27, b [1]).

Ausser der Cellulose giebt es also in diesem eckigen Parenchym eine andere Substanz, die unter der Einwirkung der genannten Agentien nicht in Amyloid verwandelt wird. Diese Substanz widersteht der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure, ohne entfärbt zu werden, und obgleich ihre Natur nicht näher bestimmt ist, ist sie doch gewiss keine Cellulose und keine eigentliche Holzsubstanz. Sie mag Pectose sein.

Das strahlen- oder sternförmige Parenchym zeigt sich schön in den Luftbehältern des Blattstiels von Musa para-

[1]) Die der incrustirten Zellen haben grosse Oeffnungen, eine braune Aussenwand und eine blaue Innenwand, die man durch die Oeffnungen hindurchscheinen sieht (*Harting* und *M.*).

disiaca und gehört zu den Geweben, die fast aus reiner Cellulose bestehen (Fig. 9, A. B). Concentrirte Salpetersäure entfärbt es nicht, macht es aber ein wenig aufquellen [1]).

Die Zellwand selbst des sternförmigen Parenchyms von Musa erhält, wenn sie der Einwirkung von Salpetersäure ausgesetzt gewesen ist und dann mit überschüssigem Ammoniak behandelt wird, eine hellgelbe Färbung, und ist somit nicht ganz frei von Protein. — Jod und Schwefelsäure färbt dieselbe unmittelbar blau (Fig. 9, A). Die etwas heller blaue Farbe in Zusammenhang mit dem Aufquellen der Zellenwände unter dem Einfluss der Salpetersäure lehrt, dass, wenn die Cellulose gleich ein Hauptbestandtheil der Zellwand ist, eine andere unter dem Einfluss der genannten Reagentien farblos bleibende Substanz mit derselben gemengt ist. Dies lässt Pectose in der Zellwand vermuthen [2]). Die Gegenwart grosser Quantitäten geronnenen Eiweisses im Inhalt erklärt die Spuren von Protein in der Zellwand. Die Wand ist einfach von demselben durchnässt, aber auch nur von Spuren desselben (*Harting* und *M.*).

[1]) Hier und da zeigen sich dicke, sternförmige, gelbe Körper im Inhalt der Zellen, B aa, die durch Ammoniak im Ueberschuss hoch gelb orangenfarbig werden, und also offenbar — da sie im unveränderten Gewebe unsichtbar oder doch farblos sind — nur aus coagulirtem Eiweiss zu bestehen scheinen; in der That eine bemerkenswerthe Thatsache, die bis jetzt isolirt dasteht. Ueberall doch, wo wir im Parenchym der Pflanzen Protein gefunden haben, war es ein Bestandtheil der verdickten Zellwand, oder aufgelöst im Safte enthalten. Nachdem die orangenfarbigen, körnigen, sternförmigen Körper einige Zeit in Ammoniak gelegen haben, werden sie zu einer gelben, durch die Zellen vertheilten Flüssigkeit aufgelöst. Salpetersäure und dann Kali zeigt dasselbe, es ist also hier xanthoproteinsaures Kali gebildet. Diese Proteinsubstanz ist in den Utriculis internis enthalten und dadurch so genau umschrieben. Es wird hierdurch der Beweis geliefert, dass die Utriculi interni im jugendlichen Zustande mit der Zellwand fest zusammenhängen.

[2]) Die aus reiner Cellulose bestehenden Zellenmembranen quellen auch durch Salpetersäure auf, sowohl wie durch Salzsäure und andere. Daraus lässt sich also kein Beweis für die Gegenwart pectinsaurer Salze in der Wand herleiten; allein die Aufquellung war hier stärker als bei blosser Cellulose. Knollen, die keine Pectinsäure mehr durch Auskochen mit kohlensaurem Natron gaben, quollen noch stark auf unter dem Einfluss von Salpetersäure

Spiralgefässe.

Auf eine allgemeine Eigenschaft der Pflanzenzellen kann man nicht hinlänglich die Aufmerksamkeit richten, nämlich auf die, dass gegen die Wände der einmal gut gebildeten Membran Substanzen in spiralförmiger Richtung abgelagert werden. Die Ursache davon ist nicht bekannt, aber die Thatsache leidet keinen Widerspruch. Sie hat den Schlüssel zu einer Menge der schönsten Einzelnheiten in der Entwicklungslehre der meisten Pflanzenorgane und Pflanzengewebe gegeben, und verdient deshalb vorzugsweise unsere Aufmerksamkeit.

In jugendlichen Zellen sieht man ausser dem Utriculus internus nichts, als eine um denselben gelegte, aus Cellulose bestehende Zellmembran; in vielen älteren eine spiralfömige Substanz, die sich wie ein dünnes Schichtchen einer festen Substanz gegen die innere Wand der Zelle hinaufwindet. Man denke sich einige Zellen durch eine gemeinschaftliche Achse verbunden, so kann man diese Spirale von der einen Zelle in die andere darüber liegende verfolgen, von dieser zweiten in die dritte u. s. w. Wenn die spiralförmig abgelagerte Substanz in grösserer Menge angehäuft wird, so sieht man die Zelle sich zugleich vergrössern, die Zellmembran sich dadurch ausdehnen, aber zu gleicher Zeit auch, wie dieselbe an der Stelle, wo die Zellen an einander grenzen, allmälig verschwindet. Die Zellmembran wird ausgedehnt und an der Berührungsstelle der durch eine und dieselbe Achse verbundenen Zellen mit einer Oeffnung versehen. Dadurch entsteht ein durchlaufender Kanal, der aus

und Salzsäure. Vgl. die Artikel Pectinsäure und Xyloidin, in *Scheik. Onderz.* Deel III.

Dass die Pectinsäure wirklich keinen Bestandtheil der Zellenwände ausmacht, und dass es kein Acidum pectosum giebt, welche *Chodnew* einführen wollte, ist dort bewiesen; ebenso dass Pectin eine Verbindung von Dextrin und Parapectinsäure ist. Ich erinnere an diese späteren Versuche zur Modification von dem, was S. 245 hierüber steht.

einer Menge von kleinen Säckchen besteht, die durch kleine Oeffnungen mit einander Gemeinschaft haben. Die Ablagerung neuer Substanz aus dem Zelleninhalt geschieht stets an der Stelle der Spirale, während die Ausdehnung der ursprünglichen Zellmembran an der Vereinigungsstelle der Zellen fortschreitet. Die Oeffnung, welche erst die Zellen vereinigte, wird grösser, und endlich so gross, wie sie werden kann, d. h. es ist ein durchlaufender cylindrischer Kanal gebildet, der aus einigen zu einem Ganzen vereinigten Zellen besteht, die nach Innen mit einem einzigen spiraligen Fädchen bedeckt sind.

Auf diese Weise entstehen die in Menge in der Pflanze vorhandenen Kanälchen, die man Spiralgefässe nennt. Sie bestehen keineswegs bloss aus der Substanz der ursprünglichen Zellmembran, sondern aus dieser und einer gegen dieselbe abgelagerten Substanz.

Der Spiralfaden selbst ist kein Röhrchen, wie Einige glauben, sondern gefüllt, und entweder ein Cylinderchen, oder auf dem Durchschnitt elliptisch, oder auch viereckig. Der Faden hat eine rein weisse Farbe. Die Windungen desselben liegen oft gegen einander, so dass ein durchlaufendes Röhrchen entsteht, das sich in nicht zu jungen und nicht zu alten Spiralgefässen schraubenförmig abwinden lässt. Meistens ist die Richtung die, welche man linke Spirale nennt [1]).

Nicht immer aber liegen die Windungen gegen einander, bisweilen sogar in einer ziemlichen Entfernung; bisweilen sind einige derselben zu einem Ganzen verbunden, so dass sie beim Abwinden der Spirale viel fester vereinigt bleiben, als die anderen mit den nächsten verbunden sind, und also ein Band von vier, sechs oder mehren Fäden bilden, die fester mit einander

[1]) Ob das, was die Spirale ausmacht, in zwei Schichten geschieden ist, in einen Mittelstrang und eine Corticalsubstanz, und ob diese durch Kali in zwei Substanzen zerlegt werden, von denen die eine Stärkmehl sein sollte, die andere durch Jod gelb gefärbt wird (*Endlicher* und *Unger*, Bot. S. 36), musste durch weitere Untersuchungen ausgemacht werden. Wir haben dies nicht bestätigt gefunden.

zusammenhängen; zuweilen endlich sind mehre Spiralfäden neben einander aufgewunden, so dass das Bändchen aus mehren neben einander liegenden Fäden besteht, deren Anzahl wohl gar zwanzig betragen kann.

Die Spiralfäden der Spiralgefässe sind in ihrer Zusammensetzung von der Substanz der Gefässwände wirklich nicht verschieden, wenn die Spirale jung ist; mit dem Alter entsteht aber ein wesentlicher Unterschied zwischen denselben. Bei Agave americana Fig. 50, wurde der Faden der Spiralen ausgewachsener Blätter unmittelbar nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure (4 auf 1 Wasser) schön blau, ebenso wie die Wand. Der Faden nahm dabei an Volumen bedeutend zu. Aus einem alten Theil eines alten Blattes wurde nur eine einzige Spirale gleich blau, die anderen gallengrün, Fig. 51, zum Beweise, dass wenigstens zwei Substanzen vorhanden sind, eine, welche blau wird, und eine andere, welche die von Jod herrührende gelbbraune Farbe behält. Diese letzteren quellen auch viel weniger auf, als die jugendlichen Spiralen. Concentrirtere Schwefelsäure macht die älteren viel blauer, aber in jedem Falle behalten sie eine grünliche Färbung. Dasselbe findet statt bei denen von Musa paradisiaca, die aus einem Bande von fünf Fäden mit schiefen gezähnten Streifchen bestehen. Durch Jod und Schwefelsäure werden diese Fäden grünblau, weichen aus einander, und zeigen einen dunkelblauen Zwischenraum von der durchscheinenden Zellwand.

Durch concentrirte Salpetersäure quellen die jugendlichen Fäden von Agave americana auf und erhalten abwechselnd hervorspringende Punkte, werden aber übrigens nicht verändert. Durch im Ueberschuss hinzugesetztes Ammoniak werden sie gelblich. Es ist also eine Spur von Protein in denselben enthalten. Bei 605maliger Vergrösserung sieht man eben so wenig wie bei 788maliger irgend einen Unterschied in der Substanz, Fig. 49. Concentrirte Schwefelsäure löst dieselben unmittelbar auf und färbt sie einigermaassen braun, Fig. 52. Aus reiner Cellulose bestehen sie also nicht. Schwefelsäure (4 auf 1) verän-

dert die Spiralen nicht, Fig. 46. Setzt man concentrirte Schwefelsäure hinzu, so wird der Faden in kleine Stückchen vertheilt, die allmälig aufgelöst werden. Die Farbe wird hierbei gelb, und nachdem der Faden aufgelöst ist, bleiben hierbei gelbe Körner zurück, die viel grösser sind, als der Durchmesser des Fadens war, durch Ammoniak wieder kleiner werden und durch Kali wieder stark aufquellen, Fig. 47 [1]).

Durch concentrirte Kalilösung quellen sie mit unregelmässiger Oberfläche auf, werden aber nicht aufgelöst, auch nicht nach 24 Stunden; eine neue Menge Kali verändert dieselben eben so wenig, Fig. 48 [2]). Figur 45 zeigt die Fäden, wie sie sich im Wasser darstellen.

In Phytolacca decandra werden die Spiralfäden durch concentrirte Salpetersäure gelb, besonders nachdem Ammoniak eingewirkt hat. Diese enthalten also ebenfalls Spuren von Protein (*Harting und M.*).

Mitscherlich hat die Spiralgefässe des Pisang ganz analysirt (S. 214), und folglich die aus Cellulose bestehende Membran und den Faden, in welchem ausser Cellulose und einer Spur von Protein noch eine andere Substanz enthalten ist, zusammen. Für die Fäden allein aus Musa sapientum erhielt *Payen* (Mém. pag. 219):

C 48,43
H 6,91
O 44,66.

[1]) Durch Königswasser verändern sich die alten Fäden von Agave nicht, sie quellen aber ein wenig auf. Ebenso durch Chromsäure.

Concentrirte Essigsäure verändert die Fäden nicht. Wenn Eisencyankalium eine Zeit lang auf sie eingewirkt hat, sieht man kein Präcipitat von Protein entstehen. Nachdem die Spiralfäden von Agave zwei Stunden in einer Sublimatlösung gelegen haben, sind sie ebenso, als wenn sie in Wasser gesehen würden.

Bemerkenswerth ist es, dass die Dicke des Fadens bei derselben Pflanze und selbst in demselben Blatt so sehr verschieden ist. Die dickeren verhalten sich aber wie die dünneren hinsichtlich der genannten Reactionen.

[2]) In einer grösseren Menge Kali würden sie ohne Zweifel aufgelöst werden.

Daraus geht also hervor, dass der Gehalt des Kohlenstoffs derselbe ist wie der von *M.* gefundene. Aber der Wasserstoff ist hier offenbar unrichtig, und da *Mitscherlich* diesen nicht angeben hat, so wissen wir über ihre Zusammensetzung eigentlich nichts.

Es wäre wichtig, die Zusammensetzung der Spiralfäden zu erforschen, weil die obengenannten Reagentien lehren, dass sie ausser Cellulose die Substanz enthalten, welche die mittlere Schichte der Holzzellen, oder die eigentliche Holzsubstanz ausmacht, wenigstens wenn man nach dem, was in alten Spiralfäden gesehen wurde, urtheilen darf. Da man nun in Holzzellen drei Substanzen, Cellulose, die der äussersten und der mittleren Schichte antrifft, und diese bisher noch nicht zu scheiden sind, so ist die Analyse eines Elementargewebes, in welchem nur zwei derselben vorkommen, wichtig, um zur Kenntniss der reinen mittleren Holzsubstanz zu gelangen. Die Zusammensetzung der Cellulose ist bekannt, das Protein kann durch concentrirte Essigsäure aus den Spiralfäden ausgezogen werden, und die Brutto Formel, welche die so gereinigten, mit einer verdünnten Säure, Alkohol, Aether und Wasser behandelten Spiralfäden bei der Analyse geben werden, wird nach Abzug der Formel für die Cellulose die der reinen und eigentlichen Substanz der mittleren Schichte der Holzzellen geben.

Auf die genannte Weise sind Spiralfäden aus Agave americana, mit concentrirter Essigsäure, Alkohol und Aether gereinigt. Sie gaben reichlich 2 % Asche, die also durch Essigsäure nicht aufgelöst werden konnte, und bei 130° getrocknet:

	gef.	At.	ber.
C	47,65	64	47,94
H	6,04	98	5,99
O	49,31	47	46,07 [1]).

Die Resultate dieser Analysen drücken ein Gemenge zweier Substanzen aus, von denen die eine bekannt ist, nämlich die

[1]) *Scheik. Onderz.* D. III.

Cellulose. Ziehen wir diese von der Brutto Formel ab, so haben wir:

	C	H	O
	64	98	47
Cellulose	24	42	21
Holzsubstanz	40	56	26

	At.	ber.
C	40	50,89
H	56	5,82
O	26	43,29.

Wir kommen hierauf beim Holze näher zurück, und wollen hier bloss noch bemerken, dass es nur durch die Elemente des Wassers von Ulmin verschieden ist, worin es so leicht übergeht.

	C	H	O
Holzsubstanz	40	56	26
Ulmin	40	28	12
		28	14.

Diese Holzsubstanz, welche mit der mittleren Schichte der Holzzellen übereinstimmt, werden wir der Kürze wegen mittlere Holzsubstanz nennen, im Gegensatz zur äussersten Schichte, die wir äussere Holzsubstanz nennen wollen.

In Mamillaria pusilla, wo man breite, schwere, glatte Spiralen findet, werden die Spiralfäden aus der Uebergangsstelle des Körpers in das Rhizoma genommen durch Kali nicht verändert, nur werden sie durchscheinender. Die Zellwand wird dadurch rasch durchscheinend. Concentrirte Salpetersäure färbt die auf dem Querschnitt gesehenen Ringe gelblich; darauf hinzugesetztes überschüssiges Ammoniak erzeugt eine intensiv gelbe Färbung von xanthoproteinsaurem Ammoniak, viel intensiver als in Agave oder Opuntia gesehen wurde, Fig. 53. Die Fäden bleiben vollkommen homogen, und quellen etwas auf. Auf dem Längsschnitt sieht man durch Salpetersäure und Ammoniak keine Färbung in der Zellwand, Fig. 54. — Jodtinctur färbt Spiralen und Zellwand braun; durch Schwefelsäure (4 auf 1

Wasser) werden sie nicht blau, aber wenn man $SO^3 + HO$ hinzusetzt, werden die Zellenwände schön blau aufgelöst, während die Spiralen noch braun sind, Fig. 55. Diese werden nach einiger Zeit gallengrün, Fig. 56 und 57, sind vollkommen homogen und werden nach ½ Stunde braunroth, Fig. 58, durch die Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure; nach 24 Stunden ist alles unverändert. Verdünnte Schwefelsäure übt keine Wirkung auf die Spiralen, noch auf die Wandungen aus; setzt man darauf concentrirte Schwefelsäure hinzu, so werden beide aufgelöst, zuerst die Wände und dann nach und nach die Spiralen, anfangs farblos, zuletzt bräunlich, ohne, wie bei Agave, etwas Körniges übrig zu lassen. Zu gleicher Zeit mit den Spiralen, und also viel träger als die Wände der Spiralzellen, werden die Markzellen aufgelöst, die also aus viel condensirterer Substanz bestehen, als die Wände der Spiralzellen. Nach 24 Stunden sieht man noch ungelöste Stückchen der Spiralen übrig [1]).

Dies lehrt uns einige Verschiedenheit zwischen den Spiralen der Spiralgefässe verschiedener Pflanzen kennen. Cellulose scheint nur in sehr kleiner Menge in denselben vorzukommen, während im Gegentheil viel mittlere Holzsubstanz in denselben gefunden wird.

[1]) Weder die Spiralen noch die Zellmembramen hatten irgend eine Veränderung erlitten, nachdem sie 24 Stunden mit kaltem Chlorwasser ausgezogen waren. Mit concentrirter Salzsäure eben so lange an der Luft ausgezogen, waren die Zellmembranen unverändert in der Farbe, die Spiralen hell violett, Fig 59. Es ist also keine Spur von Protein in denselben (*a*). Bei 60° 24 Stunden lang mit concentrirter Salpetersäure ausgezogen, sind sowohl die Zellmembranen, wie die Spiralen stark aufgequollen und sehr durchsichtig geworden; ebenso wenn sie bei 60° mit einer concentrirten Kalilauge digerirt sind, wobei die Farbe gelbbraun wird. Nachdem man mit Wasser alles Alkali ausgewaschen hat, erzeugen Jod und Schwefelsäure in den Zellmembranen noch dieselbe blaue Farbe, während die Spiralen braun werden (*Harting* und *M.*).

a) Dieses Reagens auf Protein ist noch empfindlicher als Salpetersäure und Ammoniak, und ist also ein ausgezeichnetes Mittel, um Protein in Pflanzengeweben zu entdecken.

Es war wichtig, eine Analyse von den Spiralgefässen von Mamillaria zu machen, weil dadurch annäherungsweise die Zusammensetzung der Spiralen gefunden werden konnte. Der Holzkörper von Mamillaria pusilla, der ungefähr zu 80% aus Spiralen, 10% Markstrahlen und 10% Röhren der Spiralen besteht, und welcher das Holz in den Dicotyledonen vertritt, so wie dies die Tüpfelzellen in den Coniferen thun, hat — nachdem es mit Alkohol, Wasser und Aether ausgezogen ist — wirklich eine Zusammensetzung gegeben, die der des Holzes nahe kommt. Die sehr dünne Zellmembran der Spiralzellen und der Markstrahlen ist die Ursache, dass die Zusammensetzung derselben derjenigen der reinen Holzsubstanz (vgl. S. 447) weniger nahe kommt, als für die blossen Spiralen der Fall sein würde. Die Resultate waren:

	130°	135°
C	50,49	50,25
H	6,10	6,10
O N	43,41	43,65 [1].

Ein sehr grosser Aschegehalt von 6—7% trübt die Resultate dieser Analyse; ausserdem ist wie im Holz Protein vorhanden. Es ist genug, dass hieraus hervorgeht, dass die Spiralen von Mamillaria mittlere Holzsubstanz sind, in welcher fast keine Cellulose mehr zu entdecken ist. Vergleichen wir die Spiralen von Agave mit denen von Mamillaria, so sehen wir wohl einen Unterschied in der Quantität, aber keinen Unterschied in der Qualität der Substanzen, aus welchen die Fäden bestehen. In den ersteren, selbst in den alten, ist viel mehr Cellulose als in den letzteren; in den letzteren viel mehr mittlere Holzsubstanz, und mit der Holzsubstanz auch eine grössere Menge Protein. Es ist eine allgemeine Thatsache, die wir überall fanden, dass, wenn die mittlere Holzsubstanz in irgend einem Elementargewebe zunimmt, in demselben Grade auch das Protein zunimmt. Das Protein begleitet die Holzsubstanz. Es muss durch seine Umsetzung aus

[1] *Scheik. Onderz.* Deel III.

dem Zelleninhalt die mittlere Holzsubstanz bilden, und indem es dies thut, wird der nicht zersetzte Theil desselben mit dem neugebildeten festen Körper eingeschlossen. Dadurch trifft man in alten und verdickten, nicht in jugendlichen Schichten Protein.

Die Bildung der breiten Spiralen von Mamillaria mag, wenn wir sie gleich in jugendlichem Zustand nicht verfolgten, auf eine andere Weise geschehen, als in Agave americana. Die ersten Spuren müssen spiralförmig verdickte Ablagerungen von Holzsubstanz gegen die Zellwand sein, aber so, dass sie mit sehr vieler Cellulose verwebt ist; allmälig nimmt die erstere zu, während die letztere relativ abnimmt, um zuletzt entweder wirklich oder scheinbar ganz zu verschwinden.

Die Bildung der Spiralen und der Holzsubstanzschichten in den Holzzellen geschieht also durch dieselbe Substanz; es ist nur der Ort der Ablagerung verschieden. In den Spiralgefässen geschieht dieselbe gegen die Innenwand und spiralförmig; in den Holzzellen dringt sie schichtenweise durch die Zellwand nach aussen.

Die Wand der Spiralgefässe ist immer reine Cellulose.

Ringförmige, netzförmige, gestreifte, punktirte Gefässe.

Die spiralförmige Substanzschichte, welche sich gegen die Zellmembran von Cellulose in einigen Zellenreihen als eine unterscheidbare Spirale ablagert, bildet nicht immer wohlgebildete Spiralen, oder gut entwickelte Spiralgefässe. Wenn die aneinanderstossenden Zellen keine Oeffnung bekommen, die sie mit einander verbindet, bleibt die Zelle ganz, und behält dann die Spirale, oder bekommt neue Produkte derselben. Wenn die gemeinschaftlichen Zellen wohl eine gemeinschaftliche Oeffnung bekommen, die Spirale sich aber nicht gut entwickelt, entsteht ein Gefäss von einer anderen Form, als ein Spiralgefäss.

Dieser Mittel bedient sich die Natur, um verschiedene Pflanzengefässe zu bilden.

Isolirte Spiralwindungen bilden, wenn sie dicht neben einander liegen, ungefähr einen Ring. Denken wir uns, dass von einer in eine Zelle abgelagerten Spirale einige Windungen, zwei, drei u. s. w., an einander kleben und dass die Zellmembran nun ausgedehnt wird, so kann dieser Theil von der übrigen Spirale abreissen und ein Ring gebildet werden. Findet nun eine solche Verbindung von zwei, drei oder mehren Windungen über die ganze Länge der Spirale statt, so muss beim Abreissen dieser Theile des Ganzen, durch Ausdehnung der Zellmembran, eine Reihe von Ringen gebildet werden, die jedesmal mit der Zellmembran verbunden sind; mit anderen Worten, es entstehen Ringfaserzellen. Denken wir uns endlich, dass dieselbe Veränderung in einer Reihe von Zellen vor sich geht, die durch dieselbe Achse unter einander verbunden sind, und dass die Scheidewände derselben verschwinden, so ist ein ringförmiges Gefäss gebildet, eine ursprünglich aus spiralförmig incrustirten Zellen bestehende Röhre, welche eine bedeutende Länge in der Pflanze erhalten kann. Es sind Ringe, die ebenso wie die Spirale incrustirende Substanz enthalten und mit der Membran der Zellen verbunden sind, in welchen jene Incrustation ursprünglich geschah.

An dem Ursprunge dieser ringförmigen Gefässe lässt sich nicht zweifeln; man sieht oft zwischen den Ringen noch kleine Stückchen der Spirale, welche die allgemeine Veränderung noch nicht erlitten haben.

Netzförmige Gefässe entstehen auf dieselbe Weise aus spiralförmig gegen die Zellenwände vertheilten Substanzen, mit dem Unterschiede aber, dass die Zerreissung der Spiralwindungen nicht regelmässig, wie bei den Ringen, sondern unregelmässig geschieht, wodurch hier und da zerstreut kleine Theile der incrustirenden, ursprünglich spiralförmig abgelagerten Substanz sichtbar sind.

Wenn diese Theile regelmässig sind, so nennt man die Gefässe gestreifte Gefässe; es sind regelmässige Theile von Windungen, die aber keinen Ring bilden. Wenn endlich die äusserlich sichtbaren Theilchen der Spirale sehr klein, aber

zahlreich sind, mit anderen Worten, wenn die Windungen unzählig oft in kleine Theile vertheilt sind, so sieht man zwischen denselben an den Stellen, wo die Theile der Spirale abgerissen sind, Punkte, und die so gebildeten Gefässe nennt man punktirte Gefässe. Sie bestehen wie die anderen aus den Zellmembranen, und sind nach Innen belegt mit den Theilen der Spirale, welche als incrustirende Substanz in den Zellen abgelagert war.

Der Ursprung aller Gefässe der Pflanzen ohne Unterschied aus Zellen, und der Ursprung der besonderen Arten derselben auf die eben vorgetragene Weise lässt sich nicht bezweifeln. Was den ersten betrifft, noch in ziemlich weit entwickelten Gefässen findet man solche Unregelmässigkeiten, die nur mit dem zelligen Ursprung in Zusammenhang gebracht werden können, nämlich verengte Stellen in Entfernungen, welche den Grössen der Zellen entsprechen und Ueberreste der ursprünglichen Querwände der Zellen sind.

Während wir also die Entwicklung der Spiralgefässe, der Incrustation der verdickten Zellwände, der ringförmigen, netzförmigen, gestreiften, punktirten Gefässe aus demselben einfachen Princip, nämlich der Ablagerung einer spiralförmigen dünnen Schichte einer gewissen Substanz (mittlerer Holzsubstanz) gegen die Zellwand ableiten zu müssen glauben, denke man nicht, dass diese Formen willkührlich oder durch einen kleinen Unterschied in den Umständen in einander übergehen, so dass ein punktirtes oder ein gestreiftes Gefäss als ein unvollkommenes Spiralgefäss betrachtet werden müsse. Keineswegs ist das der Fall. Es herrscht eine vollkommene Beständigkeit in der Entwicklung der genannten verschiedenen Formen aus derselben Grundform, aus demselben einfachen Princip, das die Natur anwendet. Es ist nicht zu verkennen, dass im Pflanzenreich mittelst spiralförmig abgelagerter Substanzen die genannten Organe nach festen Principien gebildet werden und dass jedes in seiner Art vollkommen genannt werden muss. Durch diese Eigenschaft, dass die Pflanzen stets in Spiralen Substanzen ausscheiden, oder Elementartheile entwickeln, ist selbst die Vertheilung der

Aeste und Blätter der schönsten Regelmässigkeit unterworfen, und die scheinbare Ordnungslosigkeit, welche darin herrscht, ist von *Schimper* und *Braun* zur schönsten Regelmässigkeit, auf die spiralförmige Anheftung zurückgeführt.

Ueber die Substanzen, aus welchen die oben genannten Gefässe gebildet sind, war man ungewiss; dass Cellulose in den Gefässwänden vorkommt, stand fest; was aber weiter in denselben gefunden wird, war gänzlich unbekannt. Es folgen hier unsere Beobachtungen darüber.

Ringfaserzellen zeigen, was die Zellwand betrifft, nichts Anderes als das, was parenchymatische Zellen überhaupt geben, d. h. sie bestehen aus reiner Cellulose. Aber die Ringe selbst verhalten sich eigenthümlich und mehr oder weniger verschieden von den Spiralen der Spiralgefässe, übereinstimmend mit denen der Spiralzellen.

Durch concentrirte Kalilauge quellen die Ringe von Opuntia microdasis auf, Fig. 60—64; sie bleiben vollkommen homogen, farblos und werden nicht gelöst.

Durch concentrirte Salpetersäure quellen sie auf, sie bleiben farblos; Ammoniak im Ueberschuss hinzugesetzt, zeigt ein wenig Protein an, Fig. 63.

Concentrirte Schwefelsäure löst die Zellwand gleich auf, während die Ringe aufquellen und durchscheinend werden. Sie bleiben vollkommen homogen, erhalten viele kleine Oeffnungen und nach Innen einen gekerbten Rand; es zeigt sich eine gelbe Farbe, Fig. 61. Setzt man concentrirte Schwefelsäure im Uebermass hinzu, so werden sie nach einer Stunde noch nicht aufgelöst. — Die Spiralen, welche zugleich in den untersuchten Gegenständen vorhanden sind, verhalten sich durchaus auf dieselbe Weise.

Nachdem concentrirte Schwefelsäure 24 Stunden lang eingewirkt hat, sind die Ringe noch nicht aufgelöst. Setzt man Jodtinctur hinzu, so werden sie nicht blau, sondern braun, Fig. 62. Bald erscheinen einige auf einander gelagerte Schichten, in einigen drei, in anderen vier, welche durch dunkle Strei-

fen abgesetzt sind. Einige aber zeigen diese Schichten nicht; einige wenige, welche diese Schichten nicht besitzen, sind von aussen mit einem sehr dunkel gefärbten Rändchen umgeben, und haben nach Innen einen hellen farblosen Theil, der die Oeffnung darstellt, Fig. 62.

Behandelt man ein getrocknetes Körperchen mit concentrirter Schwefelsäure, so quellen die Ringe stark auf und werden etwas früher aufgelöst, als die zugleich vorhandenen Spiralen. Zuerst ist die Farbe grünlich, Fig. 64, dann wird sie bräunlich. Von einer nach der Auflösung übrig bleibenden Substanz sieht man keine Spur.

Durd Jodtinctur und Schwefelsäure, 4 Thl. auf 1 Thl. Wasser, werden die Ringe gelb. Setzt man sodann concentrirte Schwefelsäure hinzu, so werden sie dunkelgelb, gallengrün, nicht blau, während die Merenchymzellen gleich schön blau werden, sowie die Zellwand der Ringfaserzellen und der Spiralzellen. Die Spiralen der letzteren bekommen dieselbe grüne Farbe wie die Ringe. Der Uebergang der Spiralen in Ringe, die wir in mehren Exemplaren sahen, wurde durch die genannten Reagentien ausserdem noch deutlicher. Es herrscht nämlich kein Unterschied in den Substanzen, aus welchen Spiralen und Ringe zusammengesetzt sind, Fig. 60 [1]).

Die Ringe der Ringgefässe (gestreifter Zellen) von Vitis vinifera, Fig. 44, c, verhalten sich ebenso wie die obengenannten (*Harting* und *M.*).

Die Wände der Ringfaserzellen sind also Cellulose und, wie es scheint, reine Cellulose; die Ringe enthalten nur eine Spur davon. Da sie aber früher ganz aus Cellulose bestanden (vgl. Spiralgefässe) und sie nun den Charakter der mittleren Wand der Holzzellen annehmen, so hat in den Ringen bei ihrer Entwicklung eine bedeutende Veränderung stattgefunden. Nach

1) Chromsäure verändert die Ringe nicht, sie quellen nur auf. Ebenso Königswasser, und auf gleiche Weise verhalten sich die Spiralen.

der Reaction zu urtheilen, welche diese Substanz zeigt, scheint sie mit den verdickenden Schichten von Hoja übereinzustimmen, und also aus einem innigen Gemenge von wenig Cellulose und viel mittlerer Holzsubstanz zu bestehen. Das Wändchen, das den äussersten Umriss des Querschnitts der Ringe der Ringfaserzellen ausmacht, Fig. 62, enthält eine grössere Menge eigentliche Holzsubstanz und weniger Cellulose, als der übrige Theil.

Aus dem Zelleninhalt dringt also in die Spirale Holzsubstanz, verdickt dieselbe theils durch Intussusception, theils durch Superposition, grade so, wie bei den Holzzellen von Hoja.

Die Netzgefässe in Tradescantia virginica schliessen sich durchaus an die Ring- und Spiralgefässe. Bei mehren Querschnitten sahen wir Ringe und Spiralen in demselben Gefäss. Die Zellwand wird durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau, die Ringe selbst grünlichgelb (*Harting* und *M.*).

Die Treppengefässe, welche wir untersuchten, verhielten sich auf eine eigene Weise zu Reagentien. Sie wurden zuerst untersucht in Aspidium filix mas, in welchem man deren eine Menge findet in einem Gefässbündel, das auf dem *Querschnitt* einen dunklen Rand zeigt. Die dicke Wand, welche das Gefässbündel umgiebt, wird in Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) nicht aufgelöst, und verhält sich in dieser Hinsicht wie die Cuticula der Pflanzen und die äusserste Schichte der Holzzellen. Durch Jod und Schwefelsäure wird sie braun gefärbt. Die Treppengefässe selbst werden unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäüre äusserlich bräunlich und zeigen keine verschiedene Substanzen oder Schichten. Auf dem Längsschnitt ist ein Treppengefäss durchschnitten und es zeigt isolirte, gelblichgrüne Querstückchen, so dass die durchsichtigen Stellen des Treppengefässes wirklich Spalten sind. Es kann hier keine dünne Zellmembran, welche die ringförmigen Stücke umgeben sollte, vorhanden sein, da von der ersten Einwirkung an in den Zwischenräumen keine blaue Färbung zu sehen war.

Dieselbe Substanz also (mittlere Holzsubstanz), welche die Ringe der Ringgefässe bildet, bildet die ringförmigen Theile

jener Treppengefässe, während eine äusserste Schichte, welche dieselbe umgiebt und unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure braun gefärbt wird, von einer anderen Natur zu sein und mit der äussersten Schichte der Holzzellen übereinzustimmen scheint (vgl. Holzzellen).

Nach 48 Stunden hat sich noch nichts verändert. Setzt man darauf concentrirte Schwefelsäure hinzu, so werden einige dunkelbraun, andere gelb, andere grün. Die breiteren werden braun, die schmaleren grün. Von einem verschiedenen Alter kann dies nicht herrühren, denn das Gefässbündel entwickelt sich, was die Zahl der Gefässe betrifft, auf einmal aus der Knospe. Die verschiedene Dimension kann indess bloss von einer verschiedenen Entwicklung abhängen; die schmaleren nur werden grün und enthalten also noch Cellulose beigemengt, welche in den älteren, die braun werden, nicht merkbar vorzukommen scheint.

Diese Thatsache verdient deshalb unsere besondere Aufmerksamkeit, weil sie uns eine wirkliche Verwandlung der Cellulose in eine andere Substanz, oder doch eine Vertretung der Cellulose durch eine andere kennen lehrt. Während einige Gewebe von ihrer ersten Jugend an bis zu ihrer letzten Entwicklungsstufe Cellulose enthalten, nimmt diese in anderen Geweben ab, verschwindet endlich ganz, indem sie einer anderen Substanz, die hier mittlere Holzsubstanz ist, weicht.

Die pflanzlichen Gewebe verhalten sich also in dieser Hinsicht wie die thierischen. Chondringewebe wird in den Knochen in leimgebendes verwandelt; leimgebendes Gewebe in der Haut und in den serösen Membranen behält immer den ursprünglichen Charakter bei.

In Vitis vinifera zeigen sich neben den Treppengefässen auch poröse Gefässe. Unter der Reaction von Jod und Schwefelsäure zeigen sich die Ring- und Spiralgefässe — während die Markzellen lebhaft blau werden — braun, was ihre inneren Theile betrifft. Die porösen Gefässe zeigen (Fig. 44) hier und da wahre farblose Oeffnungen auf dem Längs-

schnitt; und wenn das Gefäss selbst nicht durchschnitten ist, dann sind diese blau. In den dickwändigen Parenchymzellen von Cycas revoluta, Fig. 28, ist die äusserste Schichte der Wand bräunlich (dieselbe, welche die Holzzellen äusserlich umgiebt und die wir äusserste Holzsubstanz nennen), der innere Ueberzug blau (Cellulose); auf dem Längsschnitt müssen also die wahren Oeffnungen den blauen inneren Ueberzug durchscheinen lassen, wie es auch wirklich geschieht. Aber es giebt im Stengel von Vitis vinifera auch andere poröse Gefässe, in welchen die Poren grün sind. Es sind die Stellen, wo mehre mit einem Kreise umgebene Punkte liegen, wo die braune Membran sehr dünn ist und die blaue hindurchschimmernd sich grün zeigt.

Es giebt also in den porösen Gefässen zwei verschiedene Wände, eine blau und eine braun werdende, und somit zwei verschiedene Substanzen; und ausserdem zwei Arten von Poren, welche entweder durch correspondirende Oeffnungen in den beiden Wänden erzeugt werden, oder durch Kanälchen in der Aussenwand, die sich nach Innen öffnen.

Der Querschnitt der porösen Gefässe zeigt einige Uebereinstimmung mit den Holzzellen. Nicht nur dass sie ebenso wie diese letzteren auch dickwändig sind, sondern sie enthalten bisweilen innerlich ein sehr dünnes, körniges, sich durch Jod und Schwefelsäure zusammenziehendes braunes Häutchen (Utriculus internus). Darin aber sind sie von den Holzzellen verschieden, dass die mittlere Wand — zwischen der äusseren braun werdenden und der soeben genannten dünnen inneren (Utriculus) — lauter Cellulose ist und nicht, wie bei den Holzzellen, noch verschiedene Schichten besitzt, unter denen nur die innerste reine Cellulose ist. Man kann also die porösen Gefässe Holzzellen ohne mittlere Holzsubstanz nennen.

In Vitis vinifera hat sich uns auf's deutlichste der Uebergang zwischen Treppengefässen und porösen Gefässen gezeigt, so dass sie beide denselben Ursprung haben und die Treppengefässe ebenso wie die porösen entstehen. Im Längs-

schnitt eines einzigen langen Gefässes war nämlich ein Theil Treppengefäss, ein anderer Theil poröses Gefäss.

Die obengenannte braun werdende äusserste und eine darin liegende blau werdende Wand (unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure) fand sich auch in den porösen Gefässen von Euphorbia caput medusae und in den punktirten Gefässen von Asclepias syriaca.

Verdickte Zellenwände.

Wir sind jetzt zu der so häufig besprochenen Tüpfelbildung genähert, die zum Theil mit der Frage zusammenfällt, ob die Verdickung der Zellwand nach Innen gegen die Wände der ursprünglichen Zellmembran, oder aber von Aussen gegen dieselbe geschieht [1]).

Ich werde es nicht wagen, über einen von den ausgezeichnetsten Männern des Fachs so häufig untersuchten Punkt einen entscheidenden Ausspruch zu thun; aber Niemand wird es übel nehmen, dass ich einfach die Beobachtungen mittheile, die ich über diesen Punkt mit *Harting* gemacht habe, und daraus die Schlüsse ziehe, die sich mir gleichsam von selbst darboten.

Ohne die Frage zu berücksichtigen, ob der Utriculus primordialis wirklich primordial ist, so ging aus den von uns untersuchten Gegenständen hervor, dass nicht überall dieselbe Incrustation stattfindet und dass die Sache nicht aus einem einzigen Gesichtspunkt betrachtet werden kann. Wenn die Zellmembran — welche durch Jod und Schwefelsäure blau wird, sich in den allerjugendlichsten Geweben findet und in den jugendlichen Holzzellen ohne Verdickung zugegen ist — eine bleibende Membran ist, so findet bei der Holzbildung die Verdickung von Aussen gegen dieselbe statt. Denn innerlich findet man gegen die verdickten Wände stets eine solche aus Cellulose bestehende Membran. Die Tüpfelbildung geschieht in

[1]) Vgl. *Mohl* über den Bau der getüpfelten Gefässe. Linnaea, Bd. 6, H. 1, S. 1.

allen den Fällen durch Ablagerung von Schichten um die ursprüngliche Zelle, um welche wieder ein drittes gut zu unterscheidendes Schichtchen abgelagert wird, das wir Häutchen der Holzzelle nennen werden und welches die verdickte Schichte ganz umgiebt. Fig. 31 Clematis vitalba, in Fig. 36 idem.

Es findet aber auch eine ganz andere Verdickung statt, und zwar nach Innen gegen die aus Cellulose bestehende Zellwand. Diese lässt sich auf's deutlichste in den dickwändigen Markzellen von Hoja carnosa sehen, Fig. 41 und 42.

Endlich findet eine Verdickung in der Zellwand selbst statt, so dass man keine schichtenweise Ablagerung bemerkt, z. B. im Albumen des Samens von Phytelephas, Fig. 84 und 85, und von Iris cruciata, Fig. 81 und 82.

Man scheint also drei Arten von Verdickungen der Wand unterscheiden zu müssen.

Die verdickten und getüpfelten Zellenwände verdienen also eine ausführliche Betrachtung. Wir wollen anfangen mit einigen Beschreibungen dessen, was verschiedene Reagentien auf verschiedene Arten derselben uns *gelehrt* haben.

Die von Hoja carnosa aus dem zweiten Internodium von oben an, aus einem jungen Zweige, zeigen, mit concentrirter Salpetersäure behandelt, nichts Eigenthümliches. Mit Jod und Schwefelsäure (4 auf 1 Wasser) bleiben sie braun, quellen ein wenig auf. Der concentrirten Schwefelsäure widerstehen die Holzzellen, werden aber gelb, während alles Uebrige mit Ausnahme der Cuticula und der Haare aufgelöst wird.

Aus dem vierten Internodium werden die Holzzellen von Hoja durch Salpetersäure sehr gelb, Fig. 1, A f, ebenso wie die verdickten Markzellen (vgl. Mark). Jod und Schwefelsäure (4 auf 1) färbt sie braun, Fig. 1, B f, ebenso im siebenten Internodium. Die ganz jungen Holzzellen aber (die Cambiumzellen der zweiten Schichte) werden schön blau, Fig. 1, B e; eine Thatsache, welche unsere öfters gemachte Beobachtung bestätigt, dass die ursprüngliche Cellulose später in eine an-

dere Substanz verwandelt oder durch eine andere vertreten wird. Sie sind nicht verdickt und haben einen braunen Inhalt.

Die Holzzellen des vierten Internodiums werden durch concentrirte Schwefelsäure grünlichgelb, sie quellen auf und zeigen concentrische Schichten; sie quellen so stark auf, dass das Lumen fast ganz verschwindet. Endlich wird alles aufgelöst und es bleibt von den Holzzellen eine Membran übrig, welche die äusserste Wand derselben ausmachte. Einige derselben zeigen ein kleines Netz von hexagonalen braunen Maschen.

Im siebenten Internodium sieht man dieselbe Reaction, aber langsamer. Nach 48 Stunden ist der Inhalt der Holzzellen braun geworden und amorph.

Diese Reaction lehrt eine eigenthümliche Substanz in den Holzzellen des vierten Internodiums von Hoja kennen, welche aus der Cellulose geworden ist, oder dieselbe doch vertritt. Während jedoch im siebenten Internodium wahre Holzsubstanz zugegen zu sein scheint, das durch Schwefelsäure in Ulminsäure verwandelt wird, und um die Zelle ein in Schwefelsäure unlösliches Häutchen gelegt ist (äussere Holzsubstanz), vermisst man dennoch viele Eigenthümlichkeiten der Holzzellen in anderen Pflanzen (vgl. Holzzellen).

Die durch Jod und Schwefelsäure erzeugte lebhafte grüne Färbung der jugendlichen Holzzellen von Hoja im vierten Internodium — welche Erscheinung sich an den verdickten Markzellen des Praeparats ebenfalls zeigte — lehrt, dass die Cellulose nur sehr langsam verschwindet. Die Uebereinstimmung in der verdickenden Substanz bei Holzzellen und verdickten Markzellen ist auffallend. Es scheint für die ganze Verdickung nur eine einzige Substanz zu sein und nicht, wie in anderen Holzzellen, aus verschiedenen Substanzen zu bestehen.

In einem sehr alten Aste von Hoja, in welchem die concentrischen Schichten deutlich sind und die Verdickung so stark ist, dass man fast kein Lumen der Zellen mehr unterscheiden kann, färbt concentrirte Schwefelsäure die verdickte Wand — auch die der verdickten Markzellen — erst lebhaft grün und darauf braun.

Bei der Auflösung der Markzellen geschieht dies zuerst von aussen her.

Die Samen von Alstroemeria aurea, Fig. 76—80, welche schöne Tüpfel geben, aus dem Albumen genommen, bestehen aus einem Gewebe, das man hornichtes Albumen nennt und halb durchscheinend ist. — Mit concentrirter Salpetersäure quellen die dicken Zellenwände auf und die Tüpfel fliessen dicht. Sie werden durchaus nicht gelb und durch hinzugesetztes Ammoniak kaum sichtbar gelb. Es sind also nur Spuren von Protein in denselben enthalten. Durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) werden sie nicht blau, sondern hellgelb, Fig. 80. Nach einiger Zeit werden die in der Nähe der Oberhaut gelegenen blau, die übrigen sehr hell violett röthlich, sie quellen nicht auf, aber sie werden aufgelöst. Es muss also eine ganz eigenthümliche Substanz sein. Nach Jod angewendete concentrirte Schwefelsäure färbt sie eben so wenig blau, nur wieder die an der Oberfläche liegenden. Da nun diese letzteren dieselbe Form haben, wie die übrigen, müssen sie nach einiger Zeit in die genannte Substanz verwandelt werden. In den Zellen sieht man reine Oelkügelchen ohne irgend eine andere Substanz zwischen denselben.

Durch Kali quellen die verdickten Wände auf, aber nach einiger Zeit sieht man die Tüpfel noch deutlich.

Die ganz jungen Samen zeigten die merkwürdige Eigenthümlichkeit, dass sie durch Jod und Schwefelsäure ebenfalls nicht blau, sondern rasch aufgelöst werden. Oeltropfen sind nicht vorhanden, aber obgleich kein Amylum in denselben enthalten ist, findet man doch eine körnige Substanz. Die Wände der jungen Zellen sind sehr dick und mit vielen Tüpfeln versehen. Je jünger die Zellwand ist, desto weniger wird sie durch Jod allein gefärbt, was um so mehr auffällt, da die junge Zellwand sehr weich, die alte im Gegentheil sehr hart ist.

Schichten sind in der Zellwand auf keine Weise zu entdecken.

In den Samen von Iris cruciata, Fig. 81, 82, 83, findet man ähnliche verdickte Wände, wie in Alstroemeria. Die Dicke der

Wände beträgt 0, 0054 M. M. Die Reaction mit Jod und Schwefelsäure ist aber von der bei Alstroemeria verschieden. Jod allein färbt sie braun. Man sieht keine Spur von concentrischen Schichten. Durch concentrirte Schwefelsäure wird die verdickte Zellwand plötzlich blau und aufgelöst, Fig. 83; aber durch Jod und Schwefelsäure (4 auf 1) zeigt sie sich braun, Fig. 82, und man sieht hexagonale Figuren, von denen vor Anwendung der Schwefelsäure keine Spur vorhanden war. Die braune Farbe ist nicht die Folge einer zersetzenden Einwirkung der Schwefelsäure, denn nach 48 Stunden wird alles durch Ammoniak in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt, als ob kein Reagens angewendet worden wäre.

Die Samen von Phytelephas macrocarpa, von denen Fig. 84 u. 85 Durchschnitte gesehen werden, zeigen sich nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure hellblau, Fig. 85, mit weissen umschriebenen Rändern; auch diese erscheinen als schöne hexagonale Durchschnitte, während früher keine Spur von Regelmässigkeit zu sehen war. Die blaue Farbe verschwindet bald und wird weiss.

Indem die Samen von Phytelephas schon früher untersucht sind, und die Zusammensetzung der Cellulose gegeben haben (S. 206), war es wichtig, die von Alstroemeria und Iris zu verfolgen. Beide wurden, von der Epidermis und Iris auch vom Embryo befreit, zerkleinert, mit Aether, Wasser und Alkohol ausgezogen und analysirt. Wägbare Asche war nicht in denselben enthalten, aber die Kohle verbrannte in beiden nur nach lange fortgesetztem Erhitzen.

	Samen von Iris.	Samen von Alstroemeria.			
	130°	130°	150°	At.	ber.
C	45,99	45,86	45,65	24	46,14
H	6,16	6,25	6,23	38	5,98
O	47,85	47,89	48,12	19	47,88 [1]).

Die Zusammensetzung dieser Samen ist also sehr einfach.

[1]) *Scheik. Onderz.* Deel III.

Sie ist isomer mit Pflanzenschleim (*Scheikundige Onderzoekingen*, Deel III.) und ist verschieden von der der Cellulose (aus welcher die von Phytelephas theilweise bestehen = $C^{24}H^{42}O^{21}$) um 2 Aeq. Wasser, welche die von Iris und Alstroemeria weniger enthalten. Die kleine Menge von Protein ist so gering, dass sie auf das Resultat der Analyse keinen Einfluss haben kann; die der beigemengten Cellulose ist ebenfalls klein.

Dieses Gewebe ist also aus Cellulose entstanden, dadurch dass diese die Elemente von Wasser verloren hat. Es ist aber in Iris noch eine Spur von Cellulose übrig geblieben, Fig. 83.

Die Samen von Phytelephas, in welchen die blaue Reaction viel weniger stark war, als sie für blosse Cellulose ist, enthalten noch eine zweite Substanz, die von der Cellulose in den Eigenschaften, aber nicht in der Zusammensetzung verschieden ist. (Vgl. *Von Baumhauer* in *Scheik. Onderz.* Deel II u. Deel III.)

Die Substanz, welche die Zellwand in Hoja carnosa verdickt, scheint ein inniges Gemenge von Cellulose mit der Substanz zu sein, welche wir m i t t l e r e H o l z s u b s t a n z genannt haben. Letztere ist ein Produkt des Zelleninhalts, das in Hoja carnosa mit der Cellulose-Schichte innig verwebt ist, in den eigentlichen Holzzellen durch dieselbe hindurchschwitzt. In beiden kommt aber erst aus dem Zelleninhalt, indem eine Substanz durch die Cellulose-Schichte hindurchschwitzt, ein eigenes Wändchen zu Stande, das in concentrirter Schwefelsäure nicht aufgelöst wird (Häutchen der Holzzellen). (*Harting* u. *M.*) (Vgl. weiter Holzzellen.)

Saftführende Gefässe.

Es giebt eine eigene Reihe von Gefässen in den Pflanzen, welche Saft führen und die sich in den Gefässpflanzen oft zu einer bedeutenden Länge ausdehnen. Man nennt sie M i l c h s a f t g e f ä s s e oder s a f t f ü h r e n d e G e f ä s s e. Von ihrer Structur weiss man, dass sie von allen anderen Gefässen und Zellen der Pflanzen verschieden sind. Im jugendlichen Zustande bestehen sie aus dünnen Wänden, die mit dem Alter dicker werden. Diese

saftführenden Gefässe sind meist ganz rund, haben durch seitliche Oeffnungen mit einander Gemeinschaft, verlaufen in den Stengeln parallel zu einander und bilden in den Blättern eine Art von ästiger Vertheilung, so dass sie in einander einmünden, obgleich nicht mit den Blutgefässen der Thiere zu vergleichen. Contractilität wird an denselben nicht beobachtet; den Anfang und das Ende derselben kennt man jetzt noch nicht [1]).

Man glaubt an diesen saftführenden Gefässen beobachtet zu haben, dass sie, wenn sie älter werden, in kleinen Entfernungen quere Scheidewände bekommen und dadurch einerseits ihre Function, Saft zu führen, verlieren, andererseits das Aussehen verlängerter Zellen bekommen. Ich kann dies nicht entscheiden.

Dass sie aus an einanderstossenden Zellen, deren Zwischenwände absorbirt werden, entstehen, ist wahrscheinlich.

Die Function der saftführenden Gefässe ist ohne Zweifel wichtig, wenn auch jetzt noch sehr ungewiss. Die Zellen der Pflanzen können doch in der Regel nur eine klare, durchscheinende Flüssigkeit durch ihre Wände hindurchziehen lassen. Die Zellenwände sind ja die feinsten Filtra, die man kennt (S. 218). Die Flüssigkeit, die von der einen Zelle in die andere, also durch zwei Filtra hindurchzieht, kann keine Theilchen suspendirt enthalten. Viel weniger noch die Flüssigkeit, welche endosmotisch durch eine unzählige Menge von Zellwänden hinaufgestiegen ist, wenn man die Zellen ausnimmt, die wirkliche Poren haben (vgl. S. 424.), und die vielleicht viel allgemeiner sind, als man bisher annimmt, welche Poren aber doch immer klein sind und keine gröbere Theilchen hindurchlassen können. Hieraus folgt also, dass in keine Zelle ein fester Körper anders als in einer flüssigen Form eingeführt werden und ebenso nur in einer löslichen Form aus derselben entfernt werden kann, vorausgesetzt, dass man die Fälle ausschliesst, in denen wirkliche Poren in der Zellwand bestehen.

[1]) Vgl. *Meyen*, Secretionsorgane der Pflanzen, S. 66.

Ganz anders verhält sich dies bei den saftführenden Gefässen. Wenn auch ihr Lumen viel kleiner ist als das der Spiralgefässe, sie stellen doch einen durchlaufenden Kanal dar, durch welchen trübe Flüssigkeiten, in denen kleine Theilchen suspendirt enthalten sind, aufsteigen können. Meistens ist der Inhalt dieser saftführenden Gefässe nicht klar, weshalb sie auch wohl Milchsaftgefässe genannt werden, und die kleineren in der Flüssigkeit herumschwimmenden Körperchen Milchsaftkügelchen. Dass diese von verschiedener Natur sind, versteht sich von selbst. (Vgl. Pflansensäfte.)

Die Vasa laticis, welche wir hier mit den milchsaftführenden Bastzellen zugleich behandeln wollen, bestehen ihrer Hauptmasse nach bloss aus reiner Cellulose.

Was die letzteren betrifft, so sehen wir dieselben bei Hoja carnosa in einem zweiten Internodium von oben an durch Jod und Schwefelsäure schön blau werden, Fig. 1, B d.

In Asclepias syriaca, wo man milchsaftführende Bastzellen antrifft, sieht man sie durch Jod und Schwefelsäure blau werden und concentrische Schichten zeigen, Fig. 15. Diejenigen, welche in dieser Pflanze im Mark gefunden werden und viel Milchsaft führen, verhalten sich gegen die genannten Reagentien auf dieselbe Weise.

Was die ersteren betrifft, so konnten wir sie recht gut bei Euphorbia caput medusae (Fig. 66) verfolgen, wo sie einen Kreis um die Holzbündel herum bilden, aber auch durch das Rindenparenchym vertheilt gefunden werden. Der Querschnitt dieser Vasa laticis zeigt sehr dicke Wände, die auf dem Längsschnitt ebenfalls sehr deutlich zu unterscheiden sind. Jod und Schwefelsäure färbt die Vasa laticis sehr rasch und sehr dunkel blau, viel rascher als die benachbarten jungen Holzzellen, die aber darauf auch eine schöne blaue Farbe annehmen (Fig. 67). Auf dem Querschnitt des so gefärbten Vas laticis sieht man eine dunkelblaue Masse, die strahlenförmig gegen die Peripherie heller wird, und um diese einen bläulichweissen Kreis, ein dünnes braunes Schichtchen, und um dieses einen weissen Kreis

(leeren Raum) der sich den umliegenden Parenchymzellen anschliesst, (*Fig.* 68). Diese Erscheinungen, die sich nach der ersten Einwirkung zeigen, lehren, dass sich zunächst zwei verschiedene Substanzen in diesem Vas laticis finden, von denen die äusserste hell blau, die innere tief blau gefärbt wird, während diese beiden strahlenförmig in einander fliessen. In dem ungefärbten Querschnitt sieht man auch deutlich strahlenförmige Streifen, die durch das Ineinanderschmelzen dieser verschiedenen Substanzen bedingt sind. Der helle Rand rings herum ist leerer Raum.

Dass sich dies wirklich so verhält, lehrt die Behandlung mit concentrirter Salpetersäure. Dadurch quellen die Vasa laticis auf dem Querschnitt gesehen stark auf, die Oeffnung verschwindet ganz und ebenso der kurz vorher sichtbare helle Rand. Die strahlenförmige Vertheilung der Substanzen in der Wand ist auch hier deutlich sichtbar. Setzt man darauf Ammoniak in Ueberschuss hinzu, dann werden sie eben so wenig wie durch Salpetersäure allein gelb, sondern sie bleiben farblos.

In concentrirter Kalilauge verhalten sie sich wie in Salpetersäure, quellen stark auf, das Lumen und der äusserste helle Rand verschwinden, aber es zeigen sich concentrische Schichten.

Die Natur der Vasa laticis wurde noch näher an Längsschnitten untersucht. Durch Jod allein wird der Inhalt dunkelbraun körnig, die Wand hellgelb. Setzt man darauf Schwefelsäure hinzu (4 Th. auf 1 Th. Wasser), dann werden die Gefässe gleich sehr tief blau, und es zeigt sich ein sehr dünnes, körniges, dunkelbraunes Häutchen um den äussersten Umriss, zur Dicke von 0,0005 — 0,0007 M. M., Fig. 68. (*Harting* und *M.*)

Die Vasa laticis besitzen also drei verschiedene Substanzen: die innerste Schichte ist Cellulose; um diese liegt eine andere, die durch Kali und Salpetersäure stark aufquillt (Pectose ?), und als äusserstes sehr dünnes Schichtchen eine Substanz, die nach den wenigen bis jetzt beobachteten Eigenschaften mit der äussersten Schichte der Holzzellen übereinstimmt.

Chemische Beschaffenheit der Elementartheile des Dicotyledonenstamms.

Da unsere Beobachtungen sich besonders auf die Elementargewebe der Dicotyledonen ausdehnten, so wollen wir die Elementartheile in der Ordnung, in welcher sie bei diesen Pflanzen vorkommen, näher betrachten, und die wenigen der Monocotyledonen, die wir verfolgt haben, bei den übereinstimmenden Geweben zugleich behandeln. Ich erinnere hierbei an das, was in der Vorrede gesagt wurde (S. VI).

Markzellen.

Die Markzellen sind sowohl von anderen Elementargeweben, wie unter einander in derselben Pflanze merklich verschieden. Ich werde sie zugleich mit den Zellen der Markstrahlen behandeln.

Bei Mamillaria pusilla werden die Markzellen unter der Einwirkung von Salpetersäure und Ammoniak durchaus nicht gefärbt; unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure (4 auf 1 Wasser) unmittelbar blau. Die Zellen der Markstrahlen werden durch concentrirte Kalilauge nicht verändert. Bei Hollunder sieht man im Gegentheil durch Jod und Schwefelsäure (4 auf 1 Wasser) selbst in dem jüngsten Internodium keine Färbung, so dass die Substanz, aus welcher dieses Mark besteht, eine eigenthümliche zu sein scheint. Die Elementarzusammensetzung derselben verdiente deshalb näher untersucht zu werden. Ein Querdurchschnitt eines Blattstiels von Hollunder zeigte wieder keine Färbung im Mark durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser), wohl aber auf Zusatz von $SO^3 + HO$. In sehr jugendlichem Zustande scheint also im Hollundermarke Cellulose vorhan-

den zu sein, die aber bald verändert wird, und selbst wenn es sehr jung ist, bedarf es concentrirter Schwefelsäure, um die Reaction zu zeigen, welche Phytelephasfrüchte sogar sogleich geben. Die genannten Wändchen der Markzellen des Blattstiels waren sehr dünn, von 0,0003 bis zu 0,0010 M. M., und noch nicht incrustirt; die Dicke der obengenannten nicht blau werdenden aus dem Internodium 0,0004 bis 0,0012, und also beinahe dieselbe; eine Metamorphose oder Vertretung der Cellulose der Zellwand selbst ist dadurch wieder ausser Zweifel gesetzt.

Die Markzellen von Hoja carnosa, Fig. 1, zeigen in den verschiedenen Internodien eine merkliche Verschiedenheit. Allein in den jugendlichsten sieht man keine Verdickung der Wände; in Nro. 3 der Internodien von oben an schon einige mit verdickten Wänden versehene Markzellen mitten zwischen den anderen; in Nro. 6 mehre, und die Tüpfel sind in diesen sehr deutlich zu sehen. Die dünnste Wand, die im zweiten Internodium vorkommt, ist 0,0009, die dickste 0,0016 M. M. Die nicht verdickten Markzellen werden durch Salpetersäure im zweiten Internodium nicht gefärbt, zeigen aber Utriculi interni. Durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) werden diese unmittelbar schön blau. — Concentrirte Schwefelsäure, zu einem getrockneten Querschnitt gesetzt, löst die Markzellen rasch auf.

In einem Durchschnitt aus dem vierten Internodium werden die unverdickten Markzellen durch Salpetersäure nicht verändert, aber die verdickten werden sehr gelb und zeigen concentrische Schichten. In der Farbe sind sie den Holzzellen von Hoja gleich, wenn diese derselben Einwirkung ausgesetzt sind. Nachdem Ammoniak hinzugesetzt ist, werden sie beide dunkelgelb, und scheinen also gleich viel Protein zu enthalten, Fig. 1, A i. Jod und Schwefelsäure färbt im vierten Internodium die unverdickten Markzellen sogleich blau, während die verdickten keine Spur von blauer Färbung, sondern die gelbe Farbe des Jods zeigen, Fig. 1 B h, i. Diese bemerkenswerthe Thatsache lehrt also, dass hier die Cellulose ganz und gar durch andere Substanzen vertreten worden, oder in dieselben verwandelt ist. Im

siebenten Internodium verhalten sie sich ebenso. Bei einer 280-maligen Vergrösserung sieht man gegen die braune Wand der durch Jod und Schwefelsäure gefärbten, verdickten Markzellen innerlich ein dünnes grünes Häutchen, das aus Cellulose besteht, die mit einigen Spuren jener braunen Substanz verwebt ist, welche die verdickte Wand ausmacht. Auch hier giebt es also offenbare Beweise von Durchschwitzung der die Wand verdickenden Substanzen von Innen nach Aussen, da ja die Markzellen im unverdickten Zustande alle aus Cellulose bestehen und die Cellulose im verdickten Zustande innerlich gefunden wird.

Concentrirte Schwefelsäure, welche die dünnwändigen Markzellen rasch auflöste, löst die verdickten nicht auf, aber lässt sie, ebenso wie die Holzzellen, aufquellen; zwischen beiden herrscht auch hier eine grosse Uebereinstimmung; auch die Markzellen zeigen zahllose concentrische Schichten.

Die Luftbehälter von Phytolacca decandra aus einem Internodium von mittlerem Alter zeigen sich aus sehr dünnwändigen Zellen zusammengesetzt, und folglich im allerjüngsten Zustande. Sie werden durch Jod und Schwefelsäure unmittelbar blau, erfordern aberdennoch concentrirte Schwefelsäure, um die blaue Farbe dunkel zu zeigen. In anderen Internodien von Phytolacca decandra, in welchen man getüpfelte Markzellen und ungetüpfelte findet, herrscht unter dem Einflusse dieser Reagentien ein bedeutender Unterschied. Die getüpfelten bleiben citronengelb, die anderen werden schön blau.

Die Markzellen von Asclepias syriaca werden durch Jod und Schwefelsäure alle schön blau, Fig. 2 e, Fig. 3.

Die Markzellen von Clematis vitalba zeigen, mit Jod und Schwefelsäure behandelt, zwei Schichten, eine innere blaue und eine äussere gelbe.

Die Markzellen aus einem zweijährigen Ast von Tilia parvifolia haben äusserlich einen gelben Rand und innerlich einen blauen, wenn sie mit Jod und Schwefelsäure behandelt sind.

Es giebt also hier zwei Schichten. Tüpfel sind nicht vorhanden. Die von Taxus baccata werden selbst in älteren Theilen

der Aeste durch Jod und Schwefelsäure blau, und zwar unmittelbar nach der Einwirkung.

Nachdem die Markzellen von Pinus sylvestris zwei Tage lang mit concentrirter Salzsäure ausgezogen worden sind, werden sie hier und da violett. Dies lehrt uns auf's deutlichste die Gegenwart von Protein in denselben kennen. Dünnwändige Markzellen von Hoja carnosa, auf dieselbe Weise behandelt, sind farblos, die dickwändigen hingegen violett. In jeder dünnwändigen sieht man einen Utriculus internus. Endlich liefern die einem jungen Ast von Tilia parvifolia entnommenen Markzellen wohl einen violetten Inhalt, aber die Wand selbst bleibt farblos, während die eines einjährigen Astes von Clematis vitalba ganz farblos sind (*Harting* und *M.*).

Aus diesen Beobachtungen folgt also, dass die Markzellen sehr verschiedene Substanzen enthalten: im jugendlichen Zustand lauter Cellulose, und diejenigen, welche sich verdicken — was nach aussen hin geschieht — enthalten eine äussere Schichte von mittlerer Holzsubstanz (mit Protein vermengt), ohne dass um dieselben die Schichte gelegt ist, die sich um die Holzzellen findet. Dadurch sind sie also von den Holzzellen verschieden. Die des Hollunders sind eigenthümlich; in Phytolacca werden wir mit Cellulose eine andere Substanz vermengt finden.

Es lässt sich also kein allgemeiner chemischer Ausdruck für das Mark geben. Dies ist nichts desto weniger geschehen.

Das Mark von Pflanzen ist namentlich von *Schaffner* analysirt (Ann. d. Chem. und Pharm., April 1844, S. 148). Er hat es im Anfang des August aus den Pflanzen genommen und mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen. Stickstoff fand er in demselben nicht.

Für Hollunder, bei 100° im Wasserbad getrocknet, fand er:	für Lappa major (Bardana):	für Helianthus annuus:
C 43,85	45,45	44,90
H 6,40	6,13	6,60
O 49,75	48,42	48,50.

Bei 150° getrocknet:

	Hollunder	Bardana
C	47,80	48,10
H	6,00	5,95
O	46,20	45,95.

Er schliesst hieraus, dass sie wie Stärkmehl und Holzfasern C und $H^2 O$ enthalten; Holzfasern sind aber zusammengesetzte Organe der Pflanzen.

Diese Analysen können auch ausserdem unmöglich richtig sein. Wenn wir das bei 100° getrocknete Hollunder- und Bardanamark nur auf 150° reduciren, so stimmen die Zahlen nicht zu einander.

Wir haben ein ganz anderes Resultat für Hollundermark erhalten. Aus dem zweiten Internodium vom Gipfel an, und aus dem vierten im August genommen, mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 150° getrocknet, gab Hollundermark:

	zweites Internodium	viertes Internodium
C	49,40	49,17
H	6,05	5,97
O	44,55	44,86 [1]),

und ungefähr 2 % Asche. Diese Resultate lehren uns, dass Hollundermark im nicht ganz jungen Zustande (vgl. S. 468) nicht zu den Substanzen gehört, die C und $H^2 O$ enthalten. Es verdient näher untersucht zu werden, um so mehr, weil man in demselben ein reines Gewebe hat.

Die Luftbehälter (jugendliches Gewebe von Phytolacca decandra, dessen Reaction oben angegeben ist), geben im Gegentheil eine Formel, die sich schliesst an $C^{24} H^{38} O^{19}$. Mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 140° getrocknet, gaben sie:

[1]) *Scheik, Onderz.* Deel III.

			At.	ber.
C	46,19	46,57	24	46,14
H	6,04	5,98	38	5,98
O	47,77	47,45	19	47,88 [1].

Sie enthalten 2 % Asche. Dieses Resultat lehrt uns, dass, wenn sie gleich noch zu den Substanzen gehören, die durch Jod und Schwefelsäure blau werden, die concentrirte Schwefelsäure, die sie erfordern, um diese Färbung zu zeigen, mit einer schon erlittenen Veränderung im Zusammenhang steht. Es ist nicht mehr Cellulose allein, sondern eine Substanz, die sich dem Gewebe der Irissamen nähert (vgl. S. 463).

Es ist also weit davon entfernt, dass man Mark für ein Gewebe sollte halten dürfen, wie *Schaffner* zu thun scheint, was sich freilich schon aus der mikroskopischen Betrachtung des Hollundermarks als irrig ergiebt.

Holzzellen.

Die Holzzellen verdienen eine ausführliche Behandlung und haben uns, mit verschiedenen Reagentien untersucht, wie wir glauben, zu Dingen geführt, die ohne diese Reagentien nicht zu erforschen sind. Wir wollen im Voraus einige derselben erwähnen.

Die von Pinus larix aus einem Aestchen mit vier Jahresringen, zeigen auf dem Querschnitt mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Wasser), je nach dem Alter des Jahresrings eine verschiedene Reaction. Die der innersten Jahresringe zeigen auf dem Querschnitt eine dicke, aufgequollene, grünlichgelbe Schicht, und um diese einen braunen Rand. Die zu dem jüngsten oder äussersten Jahresring gehörenden Holzzellen zeigen innerlich ein blaues Häutchen, darum einen breiten (aufgequol-

[1]) *Scheik. Onderz.* Deel III.

lenen) Rand, der grünlichblau ist, und endlich nach Aussen einen braunen Rand. Auf dem Längsschnitt sind sie in der Mitte grün, an den Rändern gelblichbraun (Fig. 20 und 21). Bei Tilia parvifolia, Fig. 22, 23, 25 liegt in der Mitte ein dünnes braunes Schichtchen (Utriculus?), um dieses eine hellblaue Wand und nach aussen eine braune; also den Utriculus ausgenommen nur zwei Schichten. Nach einer halben Stunde ist die blaue Farbe verschwunden und braun geworden, und diese Veränderung fängt von Aussen an, es bleibt aber in der Mitte ein blaues Kreuzchen mit einem kleinen braunen Kern übrig. In den Holzzellen der ausgewachsenen Internodien eines einjährigen Astes der Linden, sieht man fast dasselbe. In den Spiralzellen des Holzes werden sowohl die innere Wand, wie die Spirale blau. Diese Spiralzellen sind unregelmässig zwischen den Holzzellen vertheilt. In älterem Holze werden diese Wände durch Jod und Schwefelsäure braun, ebenso wie die äusserste Schichte der Holzzellen, Fig. 23.

Die Holzzellen in Sambucus nigra, in einem diesjährigen Ast, werden durch Salpetersäure dunkelgelb, und durch Ammoniak noch dunkler. In denen von Asclepias syriaca, Fig. 2, sieht man nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure, um die Holzzellen ein braunes Schichtchen, darauf folgt eine grüne, und nach Innen eine blaue Schichte. Die Zellen der Markstrahlen zeigen sich grün, a, wo sie durchgeschnitten sind; wo sie offen sind, blau. Es ist also auch hier eine doppelte Schichte vorhanden; eine innere von Cellulose, und eine äussere aus einer eigenthümlichen Substanz bestehende, welche dieselbe Reaction zeigt, die wir (S. 455) in der äussersten Schichte der Treppengefässe fanden. In einem sehr jugendlichen Internodium werden die Holzzellen unter dem Einflusse derselben Reagentien ganz blau, ohne ausser einem Utriculus internus irgend eine andere Substanz zu zeigen. Ein braungewordener Ueberzug der Zellwand ist nicht zu entdecken, dieser entsteht also gewiss, nachdem die erste Zellmembran aus Cellulose gebildet ist, Fig. 6. Die blaue Färbung der nach Innen

liegenden Substanzen in älteren Holzzellen lehrt auch eine Durchschwitzung anderer Substanzen durch die Zellwand hindurch kennen, welche letztere also ursprünglich sein muss, und aus Cellulose besteht.

In einem jungen Indernodium von Phytolacca decandra sieht man ebenfalls den ganzen Querdurchschnitt der Holzzelle blau und leicht aufgelöst werden, wenn man noch Jod und Schwefelsäure hinzusetzt. In einem älteren Internodium verhalten sie sich ganz anders; man unterscheidet hier auf dem Querschnitt vier Schichten: von Aussen angefangen, eine dünne braune scharf begrenzte Hülle, dann folgt ein aufgequollener grüner Rand, sodann ein blauer Rand, der mit dem grünen zusammenschmilzt, und innerlich ein sehr dünnes braunes Rändchen. Indem wir letzteres als den Utriculus internus erkennen, finden wir hier also wieder dieselben drei Substanzen; folglich eine mehr als bei den punktirten Gefässen, nämlich die, welche sich hier grün zeigt. Diese und die braune Schichte scheinen also wieder ausserhalb der Cellulosewand gebildet und wirkliche Incrustationen zu sein, denn die jugendlichen Holzzellen zeigen ausser dem Utriculus internus nichts als ein Celluloseschichtchen.

In allen Holzzellen bewirkt concentrirte Salzsäure, mit welcher dünne Stückchen 48 Stunden lang an der Luft, aber dennoch bedeckt, behandelt wurden, dieselbe von Protein herrührende violette Färbung: z. B. in einem zweijährigen Ast von Clematis vitalba, Tilia parvifolia, Fig. 24. In Hoja carnosa war die Färbung weiter fortgeschritten, und hatte sich die violette Substanz von *Bourdois* und *Caventou* in Gummisäure verwandelt. Die jüngsten Holzzellen waren aber farblos geblieben, so dass daraus hervorgeht, dass das Eiweiss erst später in denselben abgelagert wird. Die von Pinus sylvestris werden intensiv violett, Fig. 17.

Holzzellen, die 24 Stunden lang mit concentrirter Kalilauge bei 60° digerirt werden, quellen stark auf, und werden mehr oder weniger gelb oder braun, z. B. in Pinus sylvestris, Hoja carnosa.

In einem jungen Internodium von Clematis vitalba, sieht man in den jungen Holzzellen, in welchen noch keine Spur von Verdickung der Zellwände statt gefunden hat, die ganze Holzzelle durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 W.) blau werden, ohne dass sich eine Spur eines äussersten, braunwerdenden Schichtchens zeigt, Fig. 30. In einem älteren Internodium ist hingegen dies braun werdende Schichtchen zugegen, und auf diesem liegt an der inneren Seite sogleich eine Cellulose-Schichte, ohne dazwischen liegende mittlere Holzsubstanz. Diese wird also später in der dritten Entwicklungsperiode zwischen diesen beiden abgeschieden, und das Häutchen der Holzzellen legt sich in der zweiten Periode um die Cellulose-Schichte. Beide werden natürlich aus Substanzen des Zelleninhaltes, die durch die Wände der Cellulose-Schichte hindurchtreten, gebildet, und also unterliegt die Incrustation von Aussen her in dieser Art von Holzzellen keinem Zweifel.

Die kurzen Holzzellen von Clematis vitalba wurden in einem zweijährigen Ast beobachtet; sie waren vollkommen entwickelt, Fig. 31 — 37. Mit Jod und Schwefelsäure behandelt, zeigen sie drei Wände: eine innere, die blau wird, eine äussere, die gelblichbraun wird, und zwischen beiden eine gelblichweisse. Sie sind auf dem Längsschnitt sowohl wie auf dem Querschnitt deutlich sichtbar. Auf dem Querschnitt sieht man das innere Schichtchen von Cellulose, das hellgrün ist, und um dasselbe eine aufgequollene Wand, besonders unter der Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure, die fünf oder mehre concentrische Schichten zeigt, von denen die äussersten bräunlich sind, die innersten mit der Farbe des inneren blauen Häutchens zusammenschmelzen. Um diese herum liegt von Aussen eine dünne braune Schichte, Fig. 36. — In einem erwachsenen Internodium eines einjährigen Astes sieht man auf dem Querdurchschnitt bloss die braun werdende Zellenschichte, und an diese grenzt unmittelbar das hellblaue Cellulose-Schichtchen, Fig. 31 — 34. Da nun in dem älteren Aste zwischen diesen beiden fünf verschiedene Schichten aus einer von beiden ver-

schiedenen Substanz liegen, muss die Ablagerung derselben wirklich später zwischen beiden geschehen sein.

Die in diesen Holzzellen von Clematis vorhandenen Tüpfel gehören in den entwickelten Holzzellen, ebenso wie die, welche hier in den Markzellen gefunden werden, zu den beiden innersten Reihen, zu der Cellulose-Schichte und zu der der mittleren Holzsubstanz, während die dritte oder äusserste Schichte der Holzzellen nicht durchbohrt ist; bei den porösen Gefässen ist umgekehrt die äusserste Schichte durchbohrt.

Die Zellen der Markstrahlen des zweijährigen Astes werden durch Jod und Schwefelsäure gleich blau.

In Taxus baccata werden die Holzzellen durch Jod und Schwefelsäure so gefärbt, dass sie auf dem Querschnitt äusserlich einen gelben Rand zeigen, auf welchem ein schöner blauer und dann Spiralwindungen folgen, Fig. 19. Durch concentrirte Salpetersäure quillt die mittlere Wand auf, und durch Ammoniak im Ueberschuss wird sie so gelb, dass der Unterschied zwischen den drei Schichten gänzlich verschwindet. Durch concentrirte Schwefelsäure allein quellen alle drei auf, die mittlere aber am stärksten, so dass die äussere dadurch zerrissen wird, und indem die innere und äussere zurückbleiben, die mittlere zuletzt aufgelöst wird (*Harting* und *M.*).

Aus allen diesen Beobachtungen ging also hervor, dass die innere Schichte der entwickelten Holzzellen Cellulose ist, dass sich um dieselbe eine eigenthümliche, mit Protein durchwebte Substanz findet, und endlich als äussere eine dritte Schichte, die chemisch wieder von den anderen verschieden ist.

Die Cambiumzellen deren Wände nach *Mohl* eine Fortsetzung der äussersten Schichte der Holzzellen bilden und für junge Holzzellen gehalten werden müssen, verhalten sich zu Jod und Schwefelsäure ganz anders als diese Schichte. In Pinus sylvestris, Fig. 16, a, werden sie schön blau, während die äusserste Schichte der entwickelten Holzzellen wie immer braun ist, b. Die Cambiumzellen scheinen also aus lauter Cellulose zu bestehen, und haben also nicht nur mit der äussersten

Schichte der Holzzellen nichts gemein, sondern das Cambium verdient wirklich, so lange es Cambium ist, einen eigenen Namen. Von verschiedenen Schichten ist nichts zu merken. Wir glauben dieselben um so mehr von den eigentlichen Holzzellen unterscheiden zu müssen, weil in Pinus die Holzzellen unter den genannten Reagentien aufquellen, so dass die äusserste Schichte reisst und die inneren Schichten nur sehr wenig Cellulose zu enthalten scheinen. Ausser einem kreuzförmigen Inhalt (Ueberresten des Utriculus internus?), Fig. 16, b, zeigt sich innerlich nur eine aufgequollene bleifarbige Schichte. Wird also das Cambium in Pinus und Holzzellen *verwandelt*, so muss die Cellulose grösstentheils durch eine andere *Substanz* vertreten, und ausserdem mit anderen Substanzen umgeben werden. Entwickelte Holzzellen und Cambiumzellen haben also eine durchaus verschiedene Structur. Da sie aber später in Holzzellen verwandelt werden, kann man sie in diesem Sinne auch jugendliche Holzzellen nennen.

Aus dem früher (S. 214) Mitgetheilten ging hervor, dass, wenn man von den harten Steinfrüchten ausgeht, die *Holzsubstanz* in Masse — d. h. also alles zusammen, was zu den *Holzzellen* gehört, und die kleine Menge Stickstoff, die in denselben vorkommt, abgerechnet — als aus $C^{64}\ H^{88}\ O^{39}$ zusammengesetzt betrachtet werden kann, und wenn man hiervon $C^{24}\ H^{42}\ O^{21}$ oder Cellulose abzieht, für die inkrustirende Substanz $C^{40}\ H^{46}\ O^{18}$ übrigbleibt, welche Formel nach den so eben mitgetheilten Beobachtungen, die Bestandtheile zweier Stoffe ausdrückt, nämlich den der äussersten Schichte der Holzzellen und den der mittleren oder eigentlichen verdickenden Wand, die nach Innen mit der dritten oder Cellulose-Schichte zusammenschmilzt. Der Utriculus internus ist zu dünn, als dass er auf das Resultat dieser Analyse einigen Einfluss haben sollte.

Die aus $C^{40}\ H^{46}\ O^{18}$ bestehenden Substanzen verdienen an dieser Stelle eine besondere Erwägung, zumal da *Payen* in seinen Mémoires sur les développements des Végétaux, p. 253 über dieselben Eigenthümlichkeiten mitgetheilt hat, die

mit *Fromberg's* Versuchen in Widerspruch stehen [1]), und da die Holzbildung für die Funktionen der Pflanzen so wichtig ist.

Mit Recht glaubte ich bei der Zusammensetzung des Holzes von den harten Steinfrüchten ausgehen zu dürfen, in welchen die condensirteste Holzsubstanz vorkommt. Die Analysen von *E. H. von Baumhauer*, welche dieses Resultat gaben, geschahen an den Fruchthüllen von Cocos nucifera, Cocos lapidea, Amygdalus persica, Juglans regia [2]).

Payen kam bei der Untersuchung harter Holzarten und der Verhärtungen in Birnen zu denselben Resultaten [3]).

Da es nun feststeht, dass die innerste Zellwand der verdickten Holzzellen eine bleibende Wand ist und diese ursprünglich aus Cellulose besteht, da, wenn Kali auf dieselbe einwirkt, wirk-

[1]) *Scheik. Onderz.* II, p. 222.

[2]) *Scheik. Onderz.* II, p. 208.

	Cocos nucifera.	Cocos lapidea. I	Cocos lapidea. II
C	52,99	52,27	52,15
H	5,88	5,87	5,73
O	41,13	41,86	41,12.

Amygdalus persica.

mit concentrirter Kalilauge ausgezogen.

	I	II	III
C	52,20	52,05	52,21
H	5,83	5,92	6,10
O	41,97	42,03	41,69

Juglans regia.

	I	II	III	At.	ber.
C	52,17	52,13	52,36	64	52,38
H	5,97	5,99	5,76	88	5,88
O	41,86	41,88	41,88	39	41,74.

[3]) Mém. cit. p. 260 u. 267.

	S. Lucienholz.	Ebenholz von Madagascar.	Verhärtungen in Birnen. I	II	III
C	52,90	52,85	52,04	52,97	52,61
H	6,07	6,00	6,21	6,22	5,67 (?)
O	41,03	41,15	41,75	40,81	41,72.

lich Cellulose übrig bleibt [1]), so ist viel Grund vorhanden bei einer so constanten Zusammensetzung der harten Holzarten und Steinfrüchte, die oben (S. 200) angegebene empirische Formel für hartes Holz, $C^{64} H^{88} O^{39}$ als wahr zu betrachten, und die Summe der mittleren und äusseren Schichte gleich $C^{40} H^{46} O^{18}$ zu stellen.

Die anderen weniger festen Holzarten verdienen indess ebenfalls Erwägung. Es könnte eine andere inkrustirende Substanz in denselben vorkommen, oder die inkrustirende Substanz und die Cellulose in einem anderen Verhältnisse. Dass sie Cellulose enthalten, haben *Payen* und *von Baumhauer* bewiesen, von denen der letzte Holz von Cytisus Laburnum, Ulmus campestris und Liriodendron tulipifera mit Chlor und darauf mit Kali behandelt, und Cellulose übrigbleiben sah [2]). Allein die Zusammensetzung des Holzes selbst ist bedeutend verschieden von der der harten Holzarten [3]), und ist der Art, dass man eine andere inkrustirende Substanz in denselben vermuthen möchte, als in den harten Holzarten. Sie ist auch weit davon entfernt

[1]) *Von Baumhauer* fand (*Scheik. Onderz.* D. II, p. 198 für Cocos nucifera mit Kali behandelt und mit Chlor ausgezogen:

			At.	ber.
C	43,72	43,73	24	43,70
H	6,14	6,08	42	6,25
O	50,14	50,19	21	50,05.

[2]) *Scheik. Onderz.* II, p. 205.

	Cytisus Laburnum.	Ulmus campestris.	Liriodendron tulipifera.
C	44,65	43,81	44,12
H	6,09	6,03	6,11
O	49,26	50,16	49,77.

[3]) *Von Baumhauer* fand für diese drei Holzarten, mit Alkohol, Aether, Salzsäure und Wasser ausgezogen:

	Cytisus Laburnum.	Ulmus campestris,	Liriodendron tulipifera.
C	49,11	49,52	47,76
H	5,97	5,98	5,89
O	44,92	44,50	46,35.

constant zu sein; im Gegentheil vermindern die Quantitäten, bei der einen mehr, bei der anderen weniger, so dass die Formel für das Holz von Cytisus Laburnum und Ulmus campestris $C^{64}\,H^{94}\,O^{45}$ [1]) ist, welche Formel um $H^{6}\,O^{6}$ von dem Holze der härteren Holzarten verschieden ist; das Holz von Liriodendron tulipifera hat zur Formel $C^{64}\,H^{96}\,O^{47}$ [2]), welche Zusammensetzung um $H^{8}\,O^{8}$ von der der harten Holzarten verschieden ist.

Hierbei verliere man aber nicht aus den Augen, dass man bei dieser Vorstellung einen Ausdruck für vier verschiedene Substanzen hat, von denen eine, nämlich das Eiweiss, durchaus nicht übersehen werden darf. Man braucht einfach Holzsägespäne mit Salpetersäure und dann mit Ammoniak zu übergiessen, um, von welchem Holz sie auch herrühren mögen, stets eine orangenfarbige Gallerte zu erhalten. (Vgl. *Scheik. Onderz.* III), die durch xanthoproteinsaures Ammoniak in der That intensiv gefärbt ist.

Die genannten Formeln drücken also ein Gemenge sehr verschiedener Quantitäten von vier verschiedenen Substanzen aus, die, so weit unsere Kenntniss jetzt reicht, in allen Holzarten, wenigstens in den weichen, dieselben sind. Die äusserste Schichte nimmt bei entwickelten Holzzellen, wenn sie eine gewisse Dicke erhalten hat, nicht merklich zu; die innere oder Cellulose-Schichte scheint auch zu bleiben, wie sie ursprünglich war; aber die mittlere Schichte wächst, drängt die innere nach Innen fort, so dass dadurch das Lumen der Zelle abnimmt, und während die mittlere Schichte dicker wird, nimmt zugleich die

1)

	At.	ber.
C	64	49,02
H	94	5,70
O	45	45,28.

2)

	At.	ber.
C	64	47,81
H	96	5,87
O	47	46,32

Menge des Proteins im Holze zu, da sich dieses besonders in der mittleren Schichte ablagert.

Dass indess die relativen Mengen Protein und mittlere Holzsubstanz in verschiedenen Holzarten nicht constant sind, kann wieder aus der einfachen Färbung abgeleitet werden, welche Holzsägespäne unter dem Einflusse von Salpetersäure und Ammoniak erleiden. Tannen-, Pechtannen- und Eichenholz werden durch diese Reagentien in der aufgezählten Ordnung weniger orangenfarbig, während das Eichenholz viel mehr mittlere Holzsubstanz enthält, als die beiden anderen Arten.

Wie wichtig demnach die gemachten Analysen des Holzes auch sind, es fehlt den meisten eine Bestimmung des Stickstoffgehalts, welche uns die Menge des beigemengten Proteins, das, wo nicht ausschliesslich, doch grösstentheils in der mittleren Schichte eingeschlossen ist, kennen lehren muss. Die einzigen jetzt brauchbaren Bestimmungen der Zusammensetzung des Holzes sind die von *Chevandrier* (Annal. de Ch. et de Phys. Fév. 1844, p. 129), der bei dem gleichen Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt, den wir schon angaben, in verschiedenen Holzarten eine zwischen 0,67 und 1,52 % wechselnde Stickstoffmenge fand, welcher Stickstoffmenge nicht weniger als $\frac{1}{24}$ — $\frac{1}{11}$ des Gewichts des Holzes an Protein entspricht.

Wir wollen eine einzelne von *Chevandrier's* Analysen herausnehmen, um aus derselben das Verhältniss zwischen den Atomen C H und O für das Gemenge der Substanz der äusseren Schichte und der mittleren Holzsubstanz abzuleiten. Wir wollen dazu seine erste Analyse (p. 143) des Buchenholzes benutzen (C = 75, H = 6, 25):

	gefunden:	relative Atomenzahl.
C	49,71	663
H	5,98	957
N	0,88	10
O	43,43	434.

Behalten wir nun im Auge, dass wir hier vier Substanzen

haben: Protein, Cellulose, äussere Holzsubstanz und mittlere Holzsubstanz, so haben wir:

	C	H	N	O
	663	957	10	434
Protein	40	62	10	12
	623	895	0	422
Cellulose	24	42		21
	599	853		401.

Reducirt man diese Zahlen auf C 40, so haben wir für das Gemenge der äusseren und mittleren Holzsubstanz in der relativen Atomenzahl ausgedrückt:

C	40
H	57
O	27.

Hiervon macht die Substanz der äusseren Schichte vielleicht $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{10}$ aus; der Rest ist die die Zellwand verdickende Holzsubstanz.

Ich führe diese Thatsachen weniger an, um etwas rein Wissenschaftliches zu geben, als um das Verkehrte davon zu zeigen, wenn man so nur schlechtweg Alles Holzsubstanz nennt, und der Holzfaser (?) stets C und H^2O zuschreibt.

Dies aber verdient noch bemerkt zu werden. Seite 450 haben wir nämlich gesehen, dass die Zusammensetzung der Holzsubstanz der von Protein und Cellulose gereinigten und von der äussersten Schichte der Holzzellen befreiten Spiralfäden $C^{40}H^{56}O^{26}$ ist, während aus *Chevandrier's* Versuchen für diese Holzsubstanz mit der Substanz der äussersten Schichte, aber frei von Protein und Cellulose, $C^{40}H^{57}O^{27}$ abgeleitet ist. Diese auf ganz verschiedene Weise gewonnenen Resultate verdienen Beachtung und machen es wahrscheinlich, dass die mittlere Holzsubstanz mit der der äussersten Schichte der Holzzellen dieselbe procen-

tische Zusammensetzung hat, wenn sie gleich, wie sich von selbst versteht, ein zusammengesetzter Körper sein kann.

Dies wurde indess nur für die Holzsubstanz der Spiralfäden von Agave und Buchen gefunden. Die harten Steinfrüchte haben für die Summe der äusseren und mittleren Schichte ein anderes Resultat gegeben, nämlich $C^{40} H^{64} O^{18}$; sie enthalten aber alle Ulmin und sind dadurch bräunlich gefärbt, und ich möchte also für jetzt annehmen, dass die mittlere Holzsubstanz einfach ist; dass die Substanz der äussersten Schichte der Holzzellen mit der der mittleren Schichte isomer ist, dass diese in weichem oder jungem Holze vorherrscht, und dass in harten Steinfrüchten dieselbe gefunden wird, die sich auch in harten Holzarten findet, dass aber diese beiden letzten durch den Ulmingehalt in der Zusammensetzung von weichem Holze verschieden sind.

So weit reicht jetzt unsere Kenntniss von Holzsubstanz; die Akten sind, wie man sieht, darüber nicht geschlossen und werden nur mit Mühe geschlossen werden. *Payen's* Versuche haben die Sache nicht gefördert, sondern sie noch mehr verwickelt. Zersetzungsprodukte fruchten hier nichts.

Dieses diene zur näheren Ausführung dessen, was S. 209 steht, welches geschrieben wurde, ehe die soeben mitgetheilte mikroskopische Untersuchung der Holzzellen angestellt war. Ich bemerke hierbei nur noch, dass bei der Holzbildung aus Dextrin eine reiche Quelle für Sauerstoffentwicklung aus den Pflanzen gegeben ist. Gehen wir aus von dem was die Holzsubstanz der Spiralfäden von Agave, oder das der äusseren und mittleren Schichte der Holzzellen nach *Chevandrier's* Analysen uns gelehrt haben, so muss O^2 frei werden, wenn 4 Aeq. Dextrin in diese Substanzen verwandelt werden:

Dextrin . .	$C^{40}\ H^{80}\ O^{40}$.
Holzsubstanz	$C^{40}\ H^{56}\ O^{26}$
	$H^{24}\ O^{14}$
	$H^{24}\ O^{12}$
	O^{2}.

Bei der Bildung des Gemenges, dessen Bruttoformel aus den harten Holzarten abgeleitet ist — und von dem sich ohne Zweifel in vielen Holzarten eine grössere oder kleinere Menge findet, weil bei einem ziemlich constanten Wasserstoffgehalt in allen Holzarten (5,8 — 5,9 — 6,0) der Kohlenstoff, wenn gleich sprungweise, von 48 bis 52, 5 % steigt — ist die freiwerdende Sauerstoffmenge grösser.

Dextrin . .	C^{40}	H^{80}	O^{40}
Holzsubstanz	C^{40}	H^{46}	O^{18}
		H^{34}	O^{22}
		H^{34}	O^{17}
			O^{5}.

Die Holzbildung ist also in den Pflanzen eine fortdauernde Quelle für Sauerstoffentwicklung.

Ich will jetzt *Payen's* Versuche mittheilen. Er hat geglaubt (Mém. cit. p. 271), aus dem mit Wasser, Alkohol, Säure und schwachem Alkali ausgezogenen Holze durch eine concentrirte Natron- oder Kalilauge die inkrustirenden Substanzen unverändert auflösen zu können. Er glaubte weiter, dass er dieselben durch Salzsäure aus der alkalischen Lösung fällen könnte. Das mit Wasser ausgewaschene Praecipitat wurde getrocknet und mit Alkohol ausgezogen. Der Alkohol gab einen pulverförmigen Bodensatz, und liess, nachdem er abgedampft war, eine ähnliche Substanz zurück. Der alkoholische Rückstand wurde mit Aether ausgezogen, in welchem ein Theil aufgelöst wurde, ein Theil ungelöst blieb. Ammoniak trennte ihn ebenfalls in einen löslichen und einen unlöslichen Theil. Er giebt denselben folgende Namen: Lignose, eine in Wasser, Alkohol, Aether, Ammoniak unlösliche, in Kali und Natron lösliche Substanz [1]; Lignon, in Was-

[1]

C	46,10
H	6,09
O	47,81.

ser, Alkohol, Aether unlöslich, löslich in Ammoniak, Kali, Natron [1]; Lignin, unlöslich in Wasser und Aether, löslich in Alkohol, Ammoniak, Kali, Natron [2]; Lignirèose, wenig löslich in Wasser, leicht in Alkohol, Aether, Ammoniak, Kali und Natron.

Wie schön dies auch scheinen möge, es hat leider! keinen Werth. Erstlich wird durch das starke Alkali, mit dem das Holz behandelt wird, ein Theil der Cellulose aufgelöst, welche Cellulose durch die Salzsäure gefällt wird; andererseits hat man zu thun mit einer Reihe von Produkten, die aus der Einwirkung des Alkali auf die inkrustirende Substanz, die wir oben mittlere Holzsubstanz nannten, entstanden sind, von denen vielleicht kein einziges ein Edukt aus dem Holze ist, und unter denen humusartige Körper gefunden werden, Körper, die so leicht aus der mittleren Holzsubstanz entstehen.

Die Unrichtigkeit der Resultate oder doch der Schlüsse, welche *Payen* aus seinen Versuchen zieht, ging aufs deutlichste aus einer ausführlichen Untersuchung von *Fromberg* [3] hervor.

Holz von Ulmus campestris wurde viele Tage lang warm mit einer sehr verdünnten Kalilauge (5 Th. auf 750 Th.) ausgezogen und diese Ausziehung mit verdünnter Kalilauge einige Male wiederholt. Die Flüssigkeiten waren stets braun gefärbt, zum Beweise, dass wirklich eine Veränderung in der organischen Substanz vor sich gegangen war. Aus den nach einander erhaltenen Flüssigkeiten wurde durch Säuren ein Praecipitat ausschieden, dessen Zusammensetzung, nachdem es mit Alkohol und Aether ausgezogen war, schwankte zwischen

C	64,12	und	C	57,83
H	6,17	„	H	5,93
O	29,73	„	O	36,24.

[1]
	C	50,10
	H	5,82
	O	44,08.

[2]
	C	62,25
	H	5,93
	O	31,82.

[3] *Scheik. Onderz.* D. II, p. 222.

Das nach der vielen Tage lang fortgesetzten Ausziehung übrig gebliebene Holz hatte:

C	50,10
H	6,17
O	43,73,

und also ungefähr die ursprüngliche, unveränderte Zusammensetzung. Darauf wurde das Holz mit einer concentrirteren Lauge (10 auf 750) warm, viele Tage lang und wiederholt behandelt, wodurch die Lauge weniger dunkel geworden war, als die schwächere, früher angewendete. Aus dieser Lauge konnte wieder durch eine Säure ein Praecipitat erhalten werden. Bei wachsenden Kalimengen erhielt *Fromberg* für das mit Alkohol ausgezogene Praecipitat, welches jetzt mehr gallertig und viel weniger gefärbt war:

C	57,92	50,02
H	6,37	6,10
O	35,71	43,88,

und also wieder veränderliche Mengen C. Das Holz hatte jetzt die Zusammensetzung:

C	48,05
H	5,96
O	45,99.

Es ist ganz deutlich, dass in dem letzten Praecipitat sowohl die Cellulose, wie die inkrustirende Substanz gelöst waren, und zwar ungefähr in dem Verhältnisse, in welchem das Holz dieselben ursprünglich enthält.

Der hieraus zu folgernde Schluss liegt also auf der Hand. Durch schwaches Kali werden aus dem Holze nicht nur Substanzen ausgezogen, sondern zugleich chemisch zersetzt. Der Alkohol, mit welchem das Holz ausgezogen war, war farblos; die Flüssigkeiten, mit welchen die Praecipitate ausgezogen wurden, hatten eine braune Substanz aufgenommen und also ein neues Zersetzungsprodukt der mittleren Holzsubstanz unter der

Einwirkung des Alkali. Durch concentrirtes Kali wurden, nach Entfernung der durch Alkalien zersetzbaren Substanzen des Holzes, Cellulose und mittlere Holzsubstanz aufgelöst, ungefähr so, wie sie ursprünglich im Holze vorkommen.

Aus diesem Grunde ist es recht gut möglich, dass die inkrustirende Substanz des Holzes von Ulmus campestris nicht einfach, sondern vielfach ist, wenn sie sich auch in allen verdickten Holzzellen als mittlere Schichte einfach zeigte; wir sind daher noch durchaus unbekannt mit ihrer Zusammensetzung, und so, wie *Payen* dieselbe angegeben hat, ist sie ohne Zweifel nicht; er hat Zersetzungsprodukte derselben, Cellulose, unverändertes Holz, u. s. w. analysirt, und Gemengen dieser Substanzen die oben genannten Namen gegeben. Die Substanz der äussersten Schichte der Holzzellen hat er auch durchaus nicht berücksichtigt, und diese Substanz ist doch von der mittleren Holzsubstanz hinsichtlich aller ihrer Eigenschaften verschieden.

Ein kalter Aufguss des Holzes von Ulmus campestris mit verdünnter Kalilauge (20 Th. auf 600 Th.) gab *Fromberg* wieder eine gefärbte alkalische Auflösung, und sogar eine noch dunkler gefärbte, als die warm bereitete, woran aber die concentrirtere Lauge Schuld sein mag. Nachdem er wiederholt ausgezogen hatte, erhielt er durch Essigsäure Praecipitate, die mit Alkohol und Aether ausgezogen wurden, diesen aber keine Farbe mittheilten, wie die warm ausgezogenen. Sie gaben:

C	55,48	51,90	49,12
H	5,76	6,35	6,17
O	38,76	41,75	44,71.

Das übrig geblieben Holze gab:

C	51,81
H	6,36
O	41,83.

Nach dieser Behandlung mit einer kalten Lauge wurde eine warme Lauge (20 Th. auf 750) angewendet, darauf dieselbe

Lauge, und endlich eine Lauge von 50 auf 400. Die jetzt entstehenden Praecipitate färbten Alkohol braun, und gaben, damit ausgezogen:

	I	II	III
C	61,08	56,59	49,44
H	6,18	6,23	6,16
O	32,74	37,18	44,40,

während das jetzt übrig gebliebene Holz folgende Zusammensetzung hatte:

C	50,41	50,60
H	6,32	6,11
O	43,27	43,29,

in der That fast unverändertes Holz, von welchem nur C und H etwas höher sind.

Die Praecipitate I, II und III sind bedeutend verschieden von denen der kalten Lauge; in III ist das Holz als solches zurückzufinden, in II ein Gemenge von I und III, während in I ein neues Zersetzungsprodukt angetroffen wird.

Das Holz von Cytisus Laburnum und Liriodendron tulipifera gaben bei *Fromberg's* Analysen andere Resultate, als das von Ulmus campestris, so dass eine Veränderlichkeit in der Summe der Bestandtheile der beiden äussersten Schichten ausgedrückt wurde, welche *Payen* läugnet, an der sich aber nicht zweifeln lässt bei verschiedenen Arten oder verschiedenem Lebensalter des Holzes, und die vielleicht auch einer Veränderung der mittleren Holzsubstanz zuzuschreiben ist [1]).

[1]) Die Holzschwefelsäure, zweifelsohne ein Gemenge verschiedener Körper, wurde neuerdings von *Blondeau* untersucht (*Erdmann* und *Marchand's* Journ. Nro. 15, 1844, S. 429). Aus Baumwolle und aus Holz bereitet kann sie unmöglich derselbe Körper sein (s. oben S. 436). Aus Baumwolle bereitet, enthält sie die Bestandtheile der Cellulose; aus Holz bereitet, diese und noch einige andere.

Holzsägespäne, mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und mit Wasser und Ammoniak ausgewaschen, zeigen unter dem Mikroskop sehr deutliche

Fromberg schliesst aus diesen Versuchen, dass die inkrustirende Substanz aus verschiedenen Schichten besteht, deren chemische und physikalische Eigenschaften verschieden sind; dass der innige Zusammenhang einiger Schichten eher durch eine kalte und concentrirte, als durch eine warme und verdünnte Kalilauge gelöst wird. Eins der gefundenen Praecipitate des Holzes von Cytisus Laburnum hatte in seinen Versuchen vollkommen dieselbe Zusammensetzung, wie die der Ulminsäure (S. 163), während er durch Behandlung mit Schwefelsäure allein oder durch Schwefelsäure und Kali eine Reihe von Körpern erhielt, deren Zusammensetzung uns noch nicht erlaubt, uns einen guten Begriff der inkrustirenden Substanz des Holzes zu bilden, weil die Produkte stets verschieden sind bei kleinen Unterschieden in dem Concentrationsgrade der Agentia, oder wenn man verschiedenes Holz anwendet [1].

Rindenparenchymzellen.

Die Rindenparenchymzellen verhalten sich wie Cellulose. In Hoja carnosa zeigen sie sich durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau, sowohl im vierten wie im zweiten *Internodium*, Fig. 1, B c. In dem siebenten sind sie grün, und enthalten also Substanzen, die blau und gelb werden. Die in denselben vorkommenden Bastfasern sind durch ihre hellblaue Farbe stark abgesetzt. Sie zeigen innerlich ein gelblichbraunes Häutchen, äusserlich aber keine eigene Hülle.

Platten von der äussersten Schichte der Holzzellen. Sie waren aber so mit ulminartigen Substanzen durchmengt, die nicht von denselben getrennt werden konnten, dass ich zunächst von der weiteren Reinigung absehen musste.

[1]) Dass die mittlere Schichte der Holzzellen Pectinsäure enthalten und die äusserste Schichte mit der Cuticula der Pflanzen oder mit Kork übereinstimmen sollte, wie *Harting* glaubt (*Scheik. Onderz.* Deel III), ist gewiss nicht der Fall. Ich durfte aber nicht das Vergnügen haben, meinen geachteten Collegen davon zu überzeugen.

Concentrirte Schwefelsäure löst sie auf. Concentrirte Salpetersäure färbt sie im vierten Internodium nicht, auch dann nicht, wenn man Ammoniak im Ueberschuss hinzugesetzt hat, Fig. 1, A c. Sie enthalten also kein Protein. Von Sambucus nigra werden die Rindenparenchymzellen durch Salpetersäure nicht verändert, durch Jod und Schwefelsäure blau.

In Clematis vitalba werden sie ebenfalls innerlich schön blau, quellen auf, und zeigen eine ziemlich dicke braune Hülle, welche merklich dicker ist, als die, welche die etwas älteren Holzzellen umgiebt, übrigens aber von derselben Natur zu sein scheint, wie die äussere Holzsubstanz.

Bei Tilia europaea werden die Rindenzellen durch Jod und Schwefelsäure unmittelbar blau (*Harting* und *M.*).

Bastfaserzellen.

Durch Schwefelsäure (3 auf 1 Wasser) quellen die Bastfaserzellen in Agave americana stark auf und werden grünlichbraun; das Lumen derselben verschwindet ganz. Nach der Einwirkung einer Stunde sind alle die inneren Theile der Zelle aufgelöst und bleibt eine äusserste Schichte übrig, die also wesentlich von dem ihr nach Innen anliegenden Theil verschieden ist. Nach 48 Stunden ist selbst die äusserste Schichte in Schwefelsäure unverändert geblieben [1]).

Setzt man Jod und dann Schwefelsäure (3 Th. auf 1 Th. Wasser) hinzu, so werden die Bastfaserzellen braun. Nachdem man concentrirte Schwefelsäure hinzugesetzt hat, werden dieselben — während alle Merenchymzellen blau werden — gallengrün, Fig. 40, B, mit einem braunen, wohl zu unterscheidenden Umriss und einem ähnlichen Rändchen in der quer durchschnitte-

[1]) Setzt man Brom hinzu und lässt es verdampfen, dann werden die Merenchym- und Bastfaserzellen bei Agave gelb; letztere zeigen dadurch auf dem Querschnitt sehr deutlich ihre Grenzen.

nen Zelle. Hat dieselbe eine Zeit lang eingewirkt, so wird die gallengrüne Farbe der mittleren Zellwand blauer, zeigt concentrische Schichten und wird zuletzt braun und aufgelöst, so dass nur die äusserste, ursprünglich braune Schichte übrig bleibt, die nach 48 Stunden noch vorhanden ist, Fig. 40, D.

Diese Reaction erinnert uns an die drei Schichten der Zellwände *Hartig's* (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen): die Ptychode, die Astate und Eustate. Der Unterschied lässt sich nicht bezweifeln. In der mittleren Wand erkennen wir aus der Reaction mit Jod und Schwefelsäure etwas Cellulose, aber verhältnissmässig wenig. Sie ist durchwebt mit einer durch Schwefelsäure braun werdenden Substanz, die Ulmin bildet. Das ist also mittlere Holzsubstanz, während die äussere Schichte der Zellwand und das innere Schichtchen, das ebenfalls braun wird, sich wie äussere Holzsubstanz verhalten, und somit mit dieser identisch sein können.

Die Bastfaserzellen einer sehr jugendlichen Agave americana werden durch Jod und Schwefelsäure (4 auf 1 Wasser) im Inhalt braun und mit einem blauen Rande umgeben (Fig. 69 und Fig. 38). In älteren Blättern wird unter denselben Einflüssen diese blaue Färbung etwas grünlich (vgl. oben), so dass nach einiger Zeit die nach Innen liegende Cellulose verändert wird, Fig. 39.

Die Bastbündel von Phormium tenax werden durch Jod und Schwefelsäure grünlich, durch concentrirtere Schwefelsäure aufgelöst. Es bleibt hier keine äussere Wand übrig, wie bei Agave. Bei Hoja carnosa quellen die Gruppchen der Bastfaserzellen des zweiten Internodiums stark auf, werden hell blau und zeigen äusserlich keine braune Hülle, Fig. 1, B d. Im siebenten Internodium werden sie noch heller blau. Durch Salpetersäure werden sie nicht gefärbt, auch nicht aus dem vierten Internodium, Fig. 1, A d. Durch concentrirte Schwefelsäure werden sie aufgelöst.

Die Bastfaserzellen von Sambucus nigra werden in einem diesjährigen Ast durch Salpetersäure gelb, und durch im Ue-

berschuss hinzugesetztes Ammoniak viel gelber. Durch Jod und Schwefelsäure werden sie blau. Ebenso in Asclepias syriaca, bei der sich in jungen Internodien keine Spur einer Hülle der Bastfaserzellen, die bei dieser Reaction braun wird, zeigt. Auch diese ist also, ebenso wie das Häutchen der Holzzellen, späteren Ursprungs, und muss aus durch die Cellulose hindurchgeschwitzter Substanz gebildet werden.

Von Tilia parvifolia quellen sie hellblau auf, und zeigen von aussen ein braunes Wändchen und ein braunes Pünktchen in der Mitte von einem durch das Aufquellen zusammengedrängten Häutchen (Utriculus internus?). Die hell blau aufgequollene Wand zeigt hier und da concentrische Kreise. Durch die Ausdehnung dieser letzteren reisst endlich das äusserste braune Schichtchen.

Das braune Wändchen, das nach den angewendeten Reagentien in den genannten Bastfaserzellen gesehen wurde, wurde bei Clematis vitalba nicht beobachtet, während die Bastfaser übrigens hell blau wurde; aber im Gegentheil wieder wohl bei Cycas revoluta. Nach Innen gegen dieses braune Wändchen liegt ein dick aufgequollener mittlerer Theil, der grünlich gelb gefärbt ist und in der Mitte ein blaues Kreuzchen hat, von dem zusammengedrängten inneren Cellulosehäutchen. — Durch concentrirte Salpetersäure quellen sie stark auf.

Nachdem die Bastfaserzellen von Clematis vitalba 48 Stunden lang mit concentrirter Salzsäure an der Luft digerirt worden waren, wurden sie rosenroth, zum Beweise, dass Protein in denselben vorkommt (*Harting* und *M.*).

Die Bastfaserzellen von Agave americana haben, mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen, bei 130° getrocknet, folgende Resultate gegeben:

C	46,93	47,02
H	6,05	6,18
ON	47,02	46,80 [1]).

[1]) *Scheik. Onderz.* Deel III.

Sie enthalten $2\frac{1}{2}$ % Asche, die, mit Schwefelsäure behandelt, fast nicht aufbraust.

Es wäre nutzlos, für diese Zahlen eine Formel zu suchen, weil viel Cellulose, etwas Protein, etwas mittlere Holzsubstanz und etwas von der Substanz, die wir äussere Holzsubstanz genannt haben, in denselben vorkommt. Die obengenannten Bastfaserzellen, mit concentrirter Essigsäure ausgezogen, verlieren dadurch alle organische Stoffe und das Protein, und gaben bei der Analyse:

C 46,32
H 6,01
O 47,67 [1]).

Die Bastfaserzellen sind also hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit nicht wesentlich von den Holzzellen verschieden.

Collenchym.

Das Collenchym oder das Zellgewebe, das bei einigen Pflanzen unter der Epidermis vorkommt, verhält sich in Phytolacea decandra zur Salpetersäure anders, als das Parenchym der Pflanze, Fig. 12 und 13. Ein Querschnitt aus dem dritten Internodium von obenher gerechnet, zeigt durch Salpetersäure keine Färbung, auch nicht wenn man Ammoniak hinzusetzt, während der Zellinhalt gelb wird. Die in Folge der örtlichen Verdickung der Zellwand entstehenden Rautenformen, die durch die Einwirkung der Salpetersäure scharf begrenzt und Kreissectoren ähnlich werden, bleiben farblos. Dies ist also offenbar eine von Cellulose verschiedene Substanz.

In Opuntia brasiliensis wird das Collenchym durch Salpetersäure nicht gefärbt, auch nicht wenn man Ammoniak im Ueberschuss hinzusetzt, eben so wenig wie das hier vorkommende

[1]) *Scheik. Onderz.* Deel. III.

Parenchym. Durch concentrirte Schwefelsäure quellen die Wände der Collenchymzellen stark auf, so dass sie ebenso wie die Parenchymzellen, nur später, als Zellen unsichtbar werden. Dieses Aufquellen und Verschwinden der Zellenwände findet auf ähnliche Weise durch concentrirtes Kali statt. *Payen* hat geglaubt, dass ein grosser Theil derselben aus pectinsaurem Kalk bestehe. Das Verhältniss ist gewiss ein anderes, als das von blosser Cellulose; Pectinsäure besteht aber nicht als solche in den Pflanzen, sondern eine Substanz, die unter vielen Umständen gallertig werden kann, Pectose. Dass diese in dem natürlichen Zustande schon sehr dicken Wände nicht aus blosser Pectose, sondern aus einer innigen Verbindung von Pectose und Cellulose bestehen, hat uns die Reaction mit Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser), Fig. 14, b. auf's deutlichste gelehrt. Pectose färbt sich nämlich dabei nicht, Cellulose wohl. Das Collenchym nun wird ebenso wie das Parenchym dadurch gleich sehr schön blau, ohne etwas Heterogenes oder verschiedene Schichten dabei zu zeigen. Die Bereitung der Pectinsäure hat gelehrt, dass Pectose innig mit Cellulose verwebt ist (*Scheik. Onderz.* D. III.). Auf dem Querschnitt sieht man in den Collenchymzellen, deren Wände sehr dick und aufgequollen sind, wellenförmige, concentrische Kreise, durch welche einige Verschiedenheit in den Schichten von Pectose und Cellulose angedeutet wird. Die äussere Wand der Zellen ist ganz farblos, so dass die Zellen durch einen klaren, farblosen Rand von einander geschieden sind. Dass dieser nichts Anderes als Pectose ist, ist wahrscheinlich. Aber auch die Cellulosewand ist theilweise mit dieser Pectose, die mit derselben mehr oder weniger abwechselnde Schichten bildet, durchwebt.

In Sambucus nigra zeigt sich das Collenchym so, dass es durch concentrirte Salpetersäure stark aufquillt, durch darauf hinzugesetztes Ammoniak nicht verändert. Durch Jod und Schwefelsäure wird es blau. Mit der Pectose, wenn diese in demselben vorhanden ist, ist Cellulose also vermischt.

In Tilia parvifolia, nämlich in sehr jugendlichen Aesten,

erzeugt Salpetersäure keine gelbe Farbe im Collenchym. Jod und Schwefelsäure färben es dunkel blau, ohne dass man irgend ein Zeichen verschiedener Substanzen in der Zellwand sieht. (*Harting* und *M.*).

Im Collenchym scheint also wirklich Pectose, mit Cellulose durchwebt, die Zellmembran zu bilden.

Cuticula.

Seit lange war es anerkannt, dass die Oberhaut der Pflanzen eine Zellenschichte ist. *Ad. Brongniart* hat aber behauptet, dass man durch Maceration ein dünnes Häutchen von der Oberfläche der Pflanzen ablösen könnte, welches homogen oder körnig und von den Wänden der Epidermiszellen verschieden sei. Dieses Häutchen überzieht nach *Brongniart* fast die ganze Pflanze; die Botaniker nennen es Cuticula. Es ist von Vielen und zuletzt von *Mohl* untersucht [1]).

Diese Cuticula wird durch Jod gelb gefärbt, bisweilen sogar braun, so dass, wenn man eine quer durchschnittene Oberhaut mit Jod behandelt, die Wände der Epidermiszellen hell braun gefärbt werden, aber die äusserste Schichte (Cuticula) eine dunkel gelbe oder braune Farbe annimmt; und werden sie mit Jod gefärbt, darauf mit Schwefelsäure behandelt, so erhalten die ersteren Theile eine schöne Indigofarbe, während die durch Jod gefärbte Cuticula unverändert bleibt.

Organe, die nicht mit einer lederichten Epidermis bedeckt sind, zeigen gewöhnlich eine sehr dünne Cuticula, und also mit Jod gefärbt auch nur eine sehr dünne braune Schichte.

Die Cuticula ist eine zusammenhängende Membran, glatt, mit parallelen oder unregelmässig vertheilten, streifigen Erhabenheiten auf der Oberfläche. Eine Grenze der Theile, welche eine Oberhautzelle bedecken und mit derselben zusammenhän-

1) Linnaea, Bd. VI, Heft 5, S. 401.

gen, findet man an derselben nicht, sondern sie zeigt sich als eine durchlaufende Membran. Bisweilen ist die Cuticula sehr geräumig, so dass sie entweder wellenförmig, oder selbst in Falten die Oberfläche bedeckt, und bisweilen dadurch von Aussen wie mit Körnchen bedeckt erscheint. Die Cuticula ist also als ein Secretionsprodukt der äussersten Zellenschichte der Epidermiszellen zu betrachten (*Mohl*).

Die Cuticula oder die die Epidermiszellen bedeckende Schichte ist ganz eigner Art, und die Substanz, aus welcher sie besteht, hat mit der der Epidermiszellen, nach allen versuchten Reactionen zu urtheilen, nichts gemein. In Aloë Lingua bleibt sie sowohl wie die ihr aufsitzenden Warzen, nach der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure ungelöst; sie färbt sich sogar nicht durch dieselbe. Nachdem sie vier Tage in concentrirter Schwefelsäure gelegen hat, bleibt sie noch unverändert. Rauchende Salpetersäure löst sie ebenfalls nicht im Geringsten auf, Fig. 8. — Setzt man Jod und dann concentrirte Schwefelsäure zu derselben, so erleidet sie keine Veränderung, nur färbt sie sich durch das Jod braun. Von Schichten ist in der Cuticula keine Spur zu sehen.

Königswasser, Salzsäure, concentrirte Phosphorsäure haben auf die Cuticula keinen merklichen Einfluss.

Durch die Einwirkung concentrirter Schwefelsäure, oder dieser Säure nach Anwendung des Jods, oder auch nach der Anwendung von Phosphorsäure lässt die Cuticula bei Aloë Lingua an vielen Stellen durch Auflösung der Epidermiszellen los, und zeigt ein Häutchen, in welchem nichts Zellenförmiges, kurz in welchem bei einer 300maligen Vergrösserung nichts Besonderes zu unterscheiden ist. In den allerjugendlichsten, noch lange nicht entwickelten Blättern von Agave americana zeigt die Cuticula mit den genannten Reagentien durchaus dieselbe Reaction, wie die der alten Blätter.

Alles, was hier von der Cuticula von Aloë Lingua gesagt wurde, wurde ganz ebenso an der von Agave americana (Fig. 69—72) beobachtet, wo man ausser einer äussersten Schichte

der Cuticula ausserdem noch nach Innen eindringende Theile derselben sieht, welche die äusserste Hälfte der Epidermiszellen umgeben, und vollkommen aus derselben Substanz bestehen, wie das äusserste Schichtchen, das mit Wärzchen bedeckt ist, die ebenfalls keine verschiedene Reaction zeigen.

Concentrirte Salpetersäure färbt die Cuticula unmittelbar gelb, welche Farbe viel intensiver wird, wenn man Ammoniak im Ueberschuss hinzusetzt.

Schwefelsäure (3 Th. auf 1 Th. Wasser) färbt die Cuticula nicht und löst sie nicht auf; nach der Einwirkung einer Stunde ist sie gelb geworden, und nach 48 Stunden nicht mehr verändert und selbst nicht aufgequollen.

Setzt man Jod und dann Schwefelsäure (3 auf 1 Wasser) hinzu, dann wird die Cuticula bei Agave braun und man sieht ihre Begrenzung nach unten deutlich. Setzt man darauf concentrirte Schwefelsäure hinzu, so behält die Cuticula ihre Farbe, aber die Epidermiszellen werden, so weit sie durch die Cuticula nicht bedeckt sind, ebenso wie die Merenchymzellen, blau. Dadurch besonders tritt der Unterschied zwischen der Natur der Substanz, aus welcher die Epidermiszellen und die Culicula bestehen, deutlich hervor. Nach 48 Stunden sind die Epidermiszellen aufgelöst, und bleibt die Cuticula gezähnt oder von unten halbrund zurück.

In Phormium tenax wird die Cuticula durch concentrirte Salpetersäure gelb, und durch Ammoniak im Ueberschuss braungelb. Jod und Schwefelsäure färbt sie braun, Fig. 74. Die Art und Weise, in der sie sich hier zeigt, ist ein bestimmtes Zeichen, dass die Substanz, welche sie bildet, durch die äusserste Schichte der Epidermiszellen abgeschieden wird: die Cuticula umgiebt diese letzteren nämlich an der Aussenfläche wie kleine Büchsen; die Cuticulasubstanz ist also nach **aussen** durch die Epidermiszellen hindurch aus Substanzen des Inhalts der letzteren abgeschieden.

In Hoja carnosa verhält sich die Cuticula zu Salpetersäure und Ammoniak, zu Jod und Schwefelsäure auf dieselbe Weise,

wie mehre Male angegeben wurde, Fig. 1 A und B aa; ebenso in Sambucus nigra.

In den Antheren von Gladiolus pittacinus sieht man die Cuticula unter der Einwirkung von Schwefelsäure sich in grossen Lappen ohne Zellen ablösen, die — wenn man zuvor Jod angewendet hat — gelb gefärbt sind, während die unmittelbar darunter liegende Schichte blau gefärbt ist (*Harting* und *M.*).

Die Cuticula wäre vielleicht rein zu erhalten, wenn man sie durch Maceration mit Schwefelsäure von der Pflanze ablöste. Wir haben dieselbe mit einer Schichte Epidermiszellen von Phytolacca decandra und Agave americana analysirt, in welcher letzteren die Menge Cellulose der Epidermiszellen nur sehr wenig betragen kann. Beide wurden mit Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen und bei 130° getrocknet. Die von Phytolacca gab 2%, die von Agave reichlich 4% Asche.

Cuticula und Epidermiszellen von Phytolacca decandra:

C	52,90	52,70
H	6,79	6,80
ON	40,31	40,50 [1].

Cuticula und Epidermiszellen von Agave americana:

C	63,51	63,28
H	8,82	8,89
ON	27,67	27,83 [2].

Wenn diese Resultate gleich verschieden zu sein scheinen, so sind sie doch in der That, was die eigentlichen Cuticulasubstanz betrifft, nicht verschieden. In denen von Phytolacca ist der Cuticulasubstanz eine viel grössere Menge von Epidermiszellen (Celulose) beigemischt, als bei Agave. Subtrahiren wir diese, dann bleibt in beiden eine fast identische Substanz

[1]) *Scheik. Onderz.* D. III.
[2]) *Scheik. Onderz.* D III.

übrig, die man aber auch in Agave nicht für ganz frei von Cellulose halten darf.

Vergebens haben wir versucht, durch Maceration mit Schwefelsäure reine Cuticula zu erhalten. Zwar wird sie selbst in Nordhäuser Schwefelsäure nicht aufgelöst, während alle andere Substanzen aufgelöst werden, und sieht man die Cuticula noch ganz ihre Form behalten; aber selbst durch $SO^3 + 2\,HO$ wird sie gefärbt, und zu intensiv gefärbt, um dieselbe einer Elementaranalyse zu unterwerfen, besonders auch wenn man sie darauf mit Ammoniak behandelt. Für jetzt liess sich also diese Lücke nicht ausfüllen, aber es ist wahrscheinlich, dass es Schwefelsäure von einem gewissen Concentrationsgrade giebt, welche die andern Substanzen auflöst und die Cuticula unverändert lässt.

Epidermis.

Während in sehr einfachen Pflanzen die Epidermis nicht verschieden ist von dem unter ihr liegenden Gewebe, ist sie bei mehr zusammengesetzten Pflanzen von demselben gänzlich verschieden. Sie wird durch die Cuticula überzogen, ist farblos und durchscheinend, und lässt sich bei einigen Pflanzen leicht, bei anderen nur nach Maceration von den unter ihr liegenden Theilen ablösen.

Die Zellen, aus welchen die Epidermis besteht, sind meistens sehr gross, plattenförmig, regelmässig, häufig vier- oder sechsseitig, bisweilen unregelmässig auf dem Querschnitt. Sie sind sehr fest und, ohne irgend einen Zwischenraum übrig zu lassen, mit dem unterliegenden Gewebe verbunden; die untere Wand ist viel dünner, als die der Luft ausgesetzte.

Eine ganz eigenthümliche Reihe von Zellen scheint natürlich ganz eigenthümliche Substanzen vorauszusetzen, aus denen sie zusammengesetzt ist. Die Sache ist aber einfacher. Wenn doch der grösste Theil der Oberfläche einer Reihe gewöhnli-

cher Zellen der Einwirkung der Säfte entzogen ist, entwickeln sich keine neue mehr, und müssen sie, wenn sich der unterliegende Theil vergrössert, ausgedehnt, platt, tafelförmig werden; kurz, dass die Oberhautzellen allein nur an der unteren Fläche mit Zellensaft in Berührung sind, macht es wahrscheinlich, dass ihr Ursprung vollkommen der der unterliegenden Zellen ist, und also auch die Substanzen dieselben sind, wie die, aus denen die unterliegenden Zellen bestehen. Daher denn auch meistens nur **eine** Reihe von Oberhautzellen gefunden wird.

Die Epidermis und die Cuticula der Pflanzen haben also mit der Epidermis der Thiere nichts gemein.

Die **Epidermiszellen**, von denen wir natürlich die Cuticula unterscheiden, verhalten sich in jeder Hinsicht vollkommen gleich den oben (S. 440) genannten Parenchymzellen. In Aloë Lingua, Fig. 8, werden sie durch concentrirte Schwefelsäure aufgelöst, ohne dass irgend eine Färbung entsteht. Hat man vorher Jodtinctur angewendet, so zeigen sie, ebenso wie die Merenchymzellen, die oben genannte schöne blaue Farbe, und werden rasch aufgelöst. Hier leisten sie ebensowenig wie anderswo der Einwirkung concentrirter Schwefelsäure grösseren Widerstand, als die Merenchymzellen. Concentrirte Schwefelsäure löst sie auf; hat man vorher Jodtinctur angewendet, so zeigen sie die Farbe von Jodstärke [1]).

An den Stellen, an denen sich die Cuticula nach der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure abgelöst hat, ist die äusserste Schichte der noch unversehrten Epidermiszellen ebenfalls blau gefärbt. Die äusserste Schichte der Epidermiszellen hat

[1]) Königswasser, Salpetersäure, Salzsäure, verdünnte Schwefelsäure üben auf die Epidermiszellen keine sichtliche Wirkung aus, nur tritt der Utriculus internus, der in denselben sehr deutlich zu unterscheiden ist, durch die genannten Säuren zum Vorschein; und eben so gut in alten Oberhautzellen, nämlich in den an der Spitze eines Blattes liegenden, wie in sehr jugendlichen noch nicht entfalteter Blätter (s. S. 440 und 441).

also eine von der Cuticula ganz unabhängige, selbständige Existenz.

Die Epidermiszellen von Agave americana, Fig. 69, zeigen dieselbe Reaction, wie die von Aloë Lingua. Während indess durch die Einwirkung von Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) die Merenchymzellen von Agave schon aufgelöst sind, bieten die der Epidermis noch Widerstand und werden einen Augenblick später aufgelöst. Ihr Gewebe ist also hier etwas fester als die Merenchymzellen, sie bestehen aber vollkommen aus derselben Substanz wie diese. Mit Salpetersäure und dann mit Ammoniak behandelt, zeigen sie keine Spur von xanthoproteinsaurem Ammoniak.

In Opuntia tuna quellen die Epidermiszellen unter der Einwirkung von Schwefelsäure so sehr auf, dass man sie bald nicht mehr als Zellen erkennt. Hier verhalten sie sich ebenso wie das Collenchym und Parenchym dieser Pflanze, in deren Zellwand Pectose vorzukommen scheint (*Harting* und *M.*).

Haare.

Die Haare sind, aus einem histologischen und zugleich aus einem chemischen Gesichtspunkte betrachtet, zweierlei. Es giebt deren, die aus Oberhautzellen, mit einer dicken Schicht Cuticulasubstanz bestehen. Solche findet man in Opuntia microdasys. Durch Jod und Schwefelsäure werden sie äusserlich nicht blau, sondern braun gefärbt. Innerlich sind sie nicht gesehen, Fig. 75. Sie verhalten sich äusserlich ganz wie Cuticulasubstanz.

Von diesen unterscheiden sich diejenigen, welche, wie bei Salvia argentea, entweder keine, oder nur eine sehr dünne Cuticulaschichte enthalten. Diese bestehen wenigstens ziemlich allgemein aus vielen inhaltslosen Zellen mit einer 0,0007 M. M. dicken Wand. Salpetersäure dehnt die Wand nicht aus und färbt dieselbe nicht. Setzt man dann Ammoniak im Ueberschuss hinzu, so zeigt sich durchaus keine gelbe Färbung.

Kali verändert sie nicht. — Jod färbt sie sehr wenig gelb; setzt man dann verdünnte Schwefelsäure hinzu, so werden sie violett, mit verschiedenen Schattirungen von hell und dunkel, einige endigen blau, andere sind ganz blau. Die trocknere Beschaffenheit dieser Haare hat das Eindringen von Jod erschwert; daher dieser Unterschied; sie scheinen also aus lauter Cellulose zu bestehen.

Hiermit stimmt in den Reactionen Baumwolle durchaus überein. Die Wand derselben ist 0,002 M. M. dick, die Reaction vollkommen dieselbe, wie die von Cellulose und die Zusammensetzung ebenfalls (vgl. Zellwand S. 436), (*Harting* und *M.*).

Dorne.

Die Dorne haben, soweit wir dieselben untersucht haben, ein Gewebe, das innerlich mit dem der Holzzellen übereinstimmt. Die von Cirsium triacantha bestehen aus dickwändigen Zellen, deren Wand 0,0077 M. M. dick ist. Sie sind mit Cuticula und Epidermiszellen bedeckt. Die nach Innen liegenden Zellen werden unter der Einwirkung von Jod und Schwefelsäure nach Aussen braun, darauf folgt eine bläulich aufgequollene Wand, während sich innerlich ein dunkelbraunes körniges Häutchen zeigt (Utriculus internus?) (*Harting* und *M.*).

Die Zusammensetzung derselben ist, bei 135° getrocknet und mit Alkohol, Aether und Wasser ausgezogen:

C 49,44
H 5,99
ON 44,57 [1]),

und folglich die der Holzarten. Sie enthalten reichlich 1 % Asche.

[1]) *Scheik. Onderz.* D. III.

Korkgewebe.

Das sich in vielen Pflanzen zeigende Korkgewebe verdient besondere Aufmerksamkeit. In Opuntia tuna sieht man es recht schön. Durch Jod und Schwefelsäure (4 Th. auf 1 Th. Wasser) bleiben die Korkzellen — während das Collenchym und Parenchym schön blau werden — ganz unverändert, nach vierundzwanzig Stunden sind sie braun geworden, Fig. 14, a. Dadurch wird also ein eigenthümliches Gewebe bezeichnet, das nicht von Cellulose herzuleiten ist, und mit Holz durchaus nicht zusammenhängt.

In Hoja carnosa verändern sich die Korkzellen durch Schwefelsäure nicht, nur dass sie, wenn man vorher Jod angewendet hat, braun werden.

In dieser Reaction zeigen sie sich wie die Cuticula, und hiernach schliesst sich diese Beobachtung an die Vorstellung von der Bildung der Korkschichte, dass sie eine Wiederholung der Cuticula sei. Inzwischen wird dieser Schluss durch andere Eigenschaften des Korks und der Cuticula nicht bestätigt.

In Sambucus, in einem diesjährigen Aste, werden die Korkzellen durch Salpetersäure gelb, welche Eigenschaft sie wieder mit der Cuticula theilen. Ammoniak im Ueberschuss färbt sie gelber. Ebenso in Tilia parvifolia, wo das Korkgewebe durch Jod und Schwefelsäure keine Veränderung erleidet.

Durch concentrirte Schwefelsäure, mit welcher an der Luft Korkzellen in Berührung bleiben, erhalten sie eine violette Farbe, z. B. in einem zweijährigen Aste von Clematis vitalba. Dies ist nun hier ein bestimmtes Zeichen, dass Protein zugegen ist (*Harting* und *M.*).

Der Kork von Quercus suber ist von *Doepping* wieder untersucht (Ann. der Chemie und Pharmacie, 1843, März, S. 286), nachdem er früher für *Chevreul* ein Gegenstand der Untersuch-

ung gewesen war. Durch Aether zog *Doepping* eine Wachsart aus demselben aus, die von *Chevreul* Cerin genannt wird — nicht zu verwechseln mit *John's* Cerin —, die beim Erkalten in Nadeln kristallisirte und im Aether Gerbsäure und extractartige Substanzen zurückliess. Sie hatte eine procentische Zusammensetzung, die durch $C^{25}\ H^{20}\ O^{3}$ ausgedrückt werden konnte. — Das Suberin, das nach Digestion des Korks mit Alkohol, Aether, Wasser und verdünnter Salzsäure zurückbleibt, gab in 100 Th.:

C	67,80
H	8,70
N	2,30
O	21,20.

Aber *Doepping* hält es nicht für rein, und zunächst für nicht frei von Wachs. Diese Substanz liefert zum grossen Theil Korksäure, $C^{8}\ H^{12}\ O^{3}$, wenn Kork durch Salpetersäure zersetzt wird, die nicht nur dem Kork, sondern allen korkhaltenden Rinden eine eigenthümliche Beschaffenheit ertheilt. Wenn man nämlich Rinden von Eichen, Weiden, Pappeln, Linden u. s. w. durch Salpetersäure zersetzt, so geben sie, ebenso wie Kork, Korksäure. —

Was nach der Zersetzung des Korks durch Salpetersäure übrig bleibt, ist, ausser einem Oxydationsprodukte des Wachses und Korksäure, Cellulose, nach *Doepping's* Versuchen $C^{12}H^{20}O^{10}$, und nicht $C^{24}\ H^{42}\ O^{21}$. —

Berücksichtigen wir die oben angegebenen Analysen der Cuticulasubstanz, so sehen wir einigen Zusammenhang zwischen *Doepping's* Analysen vom Suberin und denen von der Cuticula von Agave. *Doepping* fand Cellulose, die zu dem eigentlichen Korkgewebe nicht gehört; ausserdem aber eine Substanz, die, wenn wir dabei die Cellulose in Rechnung bringen, sich der nähert, welche in der Cuticula von Agave gefunden wird. Diese Uebereinstimmung hat aber deshalb keinen Werth, weil Kork in Masse unter der Einwirkung von $SO^{3} + HO$ ganz in Ulmin-

substanzen zerfällt, und die Cuticula — ebenfalls in ziemlich grosser Menge damit behandelt — kein Ulmin giebt.

Was indess die Analyse von Kork betrifft, so haben wir die von *Doepping* nicht bestätigt gefunden. Reiner Kork, mit Aether, Alkohol, concentrirter Essigsäure und Wasser vollkommen ausgezogen, gab keine wägbare Asche und bei 140°

C	65,52
H	7,97,

also von den *Doepping*'schen durchaus verschiedene Zahlen. Der analysirte Kork enthielt indess noch Stickstoff.

Aus dem Behandelten sind folgende Schlüsse abzuleiten:

1° Im Pflanzenreich, bilden die jugendlichen Zellen Bläschen, die aus reiner Cellulose $C^{24} H^{42} O^{21}$ bestehen. Sie enthalten keine merkbare Theilchen von festen stickstoffhaltigen Körpern, und die Zellwand kann also keineswegs die erste wirksame Stelle, keineswegs die erste Ursache des Stoffwechsels sein; dieser muss vielmehr im Inhalte der Zelle vor sich gehen.

2° Diese Zellenmembranen bestehen entweder bis in ihr hohes Alter fast aus lauter Cellulose — in diesem Falle bleibt die Wand sehr dünn —, oder sie werden dicker und nehmen dann andere Substanzen auf.

3° Die Aufnahme von Substanzen geschieht auf zweierlei Weise, entweder in der dünnen Celluloseschichte, oder gegen dieselbe.

4° Alle nicht zur Zellwand gehörige jugendliche Theile, z. B. die Spiralfäden, sind ursprünglich aus Cellulose zusammengesetzt. Im höheren Alter nehmen diese in ihre Substanz andere Stoffe auf und werden dann ein inniges Gemenge von Cellulose mit der in dieselbe abgelagerten Substanz, die wir mittlere Holzsubstanz nannten. Die Menge dieser nimmt zu, und also relativ die der Cellulose ab. Die Ringe der Ringgefässe (z. B. in Opuntia) geben deshalb im höheren Alter sehr wenig Cellulose, und bestehen grösstentheils aus mittlerer Holzsubstanz.

5⁰ Die Ablagerung von Schichten gegen die Zellwand darf nicht mit einer Verdickung dieser Wand selbst verwechselt werden. Beide sind ganz von einander verschieden.

6⁰ Die Verdickung der Wand geschieht durch Pectose oder Pflanzenschleim, oder durch Substanzen, deren Zusammensetzung $C^{24} H^{38} O^{19}$ oder $C^{24} H^{42} O^{21}$, d. h. dieselbe wie die der Cellulose ist; die Ablagerung von Schichten geschieht durch zwei jetzt schon gut unterschiedene Substanzen, vielleicht durch mehre. Erstere werden, ausser der Pectose, unmittelbar aus Cellulose gebildet, entweder durch einfache, isomere Umsetzung, oder durch Wasserverlust; letztere sind von Cellulose ganz verschieden.

7⁰ Die Ablagerung gegen die Zellwand geschieht entweder gegen die innere oder gegen die äussere Fläche der aus Cellulose bestehenden Wand.

8⁰ Sind in dieser letzteren ursprünglich kleine Oeffnungen, wie so oft beobachtet wurde, dann bilden diese, wenn sich die Zellwand ausdehnt, später grössere, gegen welche keine Ablagerung anderer Substanzen stattfinden kann, und die also Tüpfel und Tüpfelkanäle bilden; sie sind von verschiedener Natur.

9⁰ Die Ablagerung neuer Schichten findet aber stets gegen die Aussenwand der Celluloseschichte statt.

10⁰ Gegen die Aussenwand wird eine Substanz, äussere Holzsubstanz genannt (S. 476), als erste Schichte bei den Holzzellen gegen die Cellulosewand abgelagert; ebenso bei den porösen und Treppengefässen.

11⁰ Zwischen diesen beiden Schichten, der Celluloseschichte und der äussersten, lagert sich in den Holzzellen eine dritte Schichte ab, die aus sogenannter mittlerer Holzsubstanz besteht, die sich in abgegrenzter Form auf dem Querschnitt als Ringe unterscheiden lässt, deren Zahl verschieden ist.

12⁰ Je näher diese Schichten an die Celluloseschichte grenzen, desto mehr schmelzen sie mit derselben zusammen.

13⁰ Eine Verdickung gegen die Innenwand ist uns eigentlich nicht vorgekommen, aber wir bezeichnen damit die eigen-

thümliche Verdickung der Holzzellen von Hoja carnosa, die von wahren Holzzellen durchaus verschieden sind. Die Celluloseschichte hat hier erst von Aussen gegen ihre Oberfläche ein Schichtchen Substanz der äussersten Holzzellenschichte bekommen (indem Substanzen aus dem Zelleninhalt durchschwitzen). Diese neue Schichte ist nun die Grundlage weiterer Incrustation geworden, die aus verschiedenen Schichten besteht, die ein gleichartiges Gemenge von Cellulose und mittlerer Holzsubstanz geben. Die Celluloseschichte verschwindet als solche in diesen Zellen, was bei eigentlichen Holzzellen nicht der Fall ist. Sie wird zwischen den neuen Schichten der mittleren Holzsubstanz vertheilt.

14⁰ In jugendlichen und alten Zellen ist ausserdem ein sehr dünnes Häutchen beobachtet worden, das sich durch Salpetersäure und andere Säuren, auch durch Alkohol zusammenzieht, und von *Mohl* Primordialschlauch genannt ist. Es bildet in dünnwändigen Zellen eine zweite Wand, die locker mit der Celluloseschichte zusammenhängt, in alten Holzzellen eine vierte Wand. In Holzzellen hängt es ebenfalls locker zusammen, fehlt aber in sehr alten nach unseren Beobachtungen selten. Wir haben es Utriculus internus genannt, weil es gewiss nach Innen liegt und weil wir nicht wissen, ob es primordial ist, viel weniger, ob es wichtige Dienste leistet.

15⁰ Die dünnwändigen Vasa laticis bestehen aus lauter Cellulose, die dickwändigen bei Euphorbiaarten sind mit einem dünnen Schichtchen einer Substanz umgeben, die mit der äussersten der Holzzellen übereinzustimmen scheint.

16⁰ Die Cuticula der Pflanzen ist eine durch die Epidermiszellen hindurchgeschwitzte Substanz. Sie stimmt in einigen Eigenschaften mit der äussersten Schichte der Holzzellen, der porösen Gefässe u. s. w. überein, ist aber in anderen Eigenschaften und in der Zusammensetzung durchaus von derselben verschieden.

17⁰ Korkzellen, deren Hauptbestandtheil Suberin ist, verhalten sich zwar in einigen Eigenschaften wie die Cuticula der

Pflanzen und wie die äusserste Schichte der Holzzellen, porösen Gefässe u. s. w., die Uebereinstimmung ist aber nur gering. Alle drei, Korkzellen, Cuticula der Pflanzen und äusserste Schichte der Holzzellen, müssen als verschiedene chemische Körper betrachtet werden.

18⁰ Die Menge kleiner Oeffnungen in der jugendlichen Zellwand sind von grossem Werthe für die Kenntniss der Bewegung der Zellensäfte, da überall, wo dieselben vorhanden sind, die Zellensäfte auch andere als aufgelöste, also auch Theilchen suspendirt enthalten können.

Wir glauben zum Schluss die folgenden wohl gebildeten chemischen Körper in den Pflanzengeweben unterscheiden zu dürfen:

Reine Cellulose, die durch Jod und Schwefelsäure die Farbe von Jodstärke annimmt und früher hinlänglich bezeichnet wurde. Sie bildet, so weit die gegenwärtige Erfahrung reicht, ausschliesslich die Wand der nicht verdickten Zellen und Gefässe, namentlich der Spiralgefässe, und ist also in runden und ovalen Merenchymzellen, in eckigen und sternförmigen Parenchymzellen, in der Wand der Spiralgefässe, in der inneren Wand der ringförmigen, netzförmigen, gestreiften, punktirten Gefässe, im Innern der Wand der Vasa laticis, in der inneren Wand der Holzzellen als hauptsächlichster oder ausschliesslicher Bestandtheil bezeichnet. Sie bildet ausschliesslich die jugendlichen Holzzellen und macht also das jugendliche Cambium aus, bildet das jugendliche Mark und die Rindenparenchymzellen, die jugendlichen Bastfaserzellen, findet sich im Collenchym, bildet die Epidermiszellen. Endlich kommt sie in den verdickten Zellenwänden bei Hoja, in Phytelephassamen und Iris vor.

Wenn also irgend eine Substanz allgemein ist, so ist es diese Cellulose. Sie ist die wichtigste Grundlage des Pflanzenreichs.

Cuticulasubstanz, welche die Cuticula der Pflanzen bildet [1]).

[1]) Sie leistet der concentrirtesten Schwefelsäure Widerstand.

Suberin, das sich in Korkzellen findet [1]).

Aeussere Holzsubstanz, die mit der mittleren Holzsubstanz isomer zu sein scheint; sie kommt auch äusserlich in den porösen und Treppengefässen vor [2]).

Die Zusammensetzung dieser von anderen gereinigten Substanz ist noch nicht bekannt, weil man noch kein Mittel gefunden hat, sie zu isoliren; sie ist aber in den Eigenschaften von dem, was sie bedeckt, verschieden. Letzteres macht die eigentliche Masse des entwickelten Holzes aus, nämlich die

Mittlere Holzsubstanz, worunter man die Substanz versteht, die als mittlere Schichte in den Holzzellen, als Hauptbestandtheil der Ringe der Ringzellen, der alten Spiralen und der Bastfaserzellen vorkommt, und unter der Reaction von Jod und Schwefelsäure auch durch blosse Schwefelsäure braun wird, und sich in concentrirter Schwefelsäure auflöst. Sie ist in einigen Elementartheilen, z. B. in alten Spiralfäden, in den Ringen der Ringzellen, den Treppengefässen mit Cellulose innig vermischt, und zeigt sich dort unter der genannten Reaction grün, mit verschiedenen Schattirungen. Ebenso in der verdickenden Schichte von Hoja carnosa, in den Spiralen der Spiralzellen u. s. w. Die Holzsubstanz in gewöhnlichem Holze ist $C^{40} H^{56} O^{26}$, die der härteren Holzarten, der Steinfrüchte u. s. w. wird durch $C^{40} H^{46} O^{18}$ ausgedrückt, ist aber wahrscheinlich ein Gemenge.

Pectose als Bestandtheil der Zellwand mit Cellulose innig durchwebt, in den Epidermis-, Collenchym- und Parenchymzellen von Opuntia brasil., in der äussersten dickeren Wand der Vasa laticis von Euphorbia Caput Medusae.

(Die Abwesenheit von pectinsaurem Kalk und Pectinsäure als solcher bei den Pflanzen hat sich mir neulich bei meinen Untersuchungen ergeben. Man kann nämlich willkührlich aus Knollen

[1]) Durch Schwefelsäure wird sie in Ulminsubstanzen verwandelt und ist also von der Cuticula der Pflanzen verschieden.

[2]) In einigen Eigenschaften stimmt sie mit der Substanz, aus welcher die Cuticula der Pflanzen besteht, überein; sie ist aber in der Zusammensetzung und in anderen Haupteigenschaften ganz von derselben verschieden.

durch ein Alkali Pectinsäure ausziehen, oder durch Salzsäure eine andere in Wasser lösliche Säure, die ich Parapectinsäure genannt habe; beide aber nur bei einer höheren Temperatur. Kaltes Wasser zieht aus gut ausgewaschenen Knollen nichts aus; durch kochendes Wasser wird Parapectinsäure ausgezogen. Die Pectose ist eine complexe Substanz, und giebt durch ein Alkali und Siedhitze nur wenig Pectinsäure, aber eine grosse Menge in Wasser löslicher Substanzen, unter denen sich auch Fruchtzucker findet. Ich verweise hierüber auf die *Scheik. Onderz.* D. III, wo eine ausführliche Untersuchung dieser Substanzen vorkommt, die zur Ergänzung dienen kann von dem, was sich oben S. 245 über Pectinsäure und Pectin findet.)

Die Substanz, aus welcher der Utriculus internus besteht, die wir nicht näher haben bezeichnen können. Ebenso die dünne äusserste Wand der Vasa laticis, die ebenso wie der Utriculus internus durch Jod und Schwefelsäure braun wird.

Die Substanz des hornichten Albumins der Samen von Alstroemeria und Iris = $C^{24} H^{30} O^{19}$, die auch in den Luftbehältern von Phytolacca vorzukommen scheint.

Zwei in Phytelephassamen, beide von gleicher Zusammensetzung = $C^{24} H^{42} O^{21}$; die eine ist Cellulose.

Hollundermark aus einer Substanz bestehend, die in anderen Pflanzengeweben näher untersucht werden muss; sie findet sich wahrscheinlich in anderen Markarten.

Festes Pflanzeneiweiss, in sehr vielen Elementartheilen verwebt; so in der mittleren Holzsubstanz, wo diese auch vorkommen mag, sei es in den Holzzellen selbst, oder in den Spiralringen, oder anderswo, nicht in der jugendlichen Zellwand, sondern in aufgelöstem Zustande in jugendlichen Zellen, im Zelleninhalt vorhanden.

Mehr Substanzen haben wir in den untersuchten Elementartheilen der Pflanzen mit Grund nicht unterscheiden können [1]).

[1]) Die Cellulose der Hefe ist eine eigene und nicht mit der gewöhnlichen zu verwechseln. Sie wird durch Jod und Schwefelsäure braun und zeigt nur

So viel steht indess fest, dass im Pflanzenreiche sowohl wie im Thierreiche mit sehr wenigen Substanzen die verschiedensten Zwecke erreicht werden, da ja die ganze an so vielen Pflanzentheilen vorgenommene Untersuchung uns nur sehr wenige sich verschieden zeigende chemische Substanzen kennen gelehrt hat, so dass es wahrscheinlich ist, dass die Zahl derjenigen, die nicht zu dem Zelleninhalt, sondern zu der Wand gehören, nicht viel grösser ist, als wir schon gefunden haben.

Ich übergebe diesen Theil meines Werks mit dem lebhaften Bewusstsein, dass es kaum die ersten Buchstaben des Alphabets enthält, und spreche hier besonders die Nachsicht erfahrener Leser an, wo das Feld zugleich so sehr brach liegt und so ausgebreitet ist [1]).

unter dem Mikroskop kleine Beimengungen einer fremden, sich blau färbenden Substanz, vielleicht $^1/_{50}$ des Ganzen, und von Cellulose der Getreidearten herrührend. (Siehe weiter *Scheik. Onderz.* D. II, p. 409.)

[1]) Die so wichtige zweite Ausgabe von *Schleiden's* Wissensch. Botanik erschien erst, als diese Untersuchungen dem Druck übergeben wurden. Ich habe dieselbe also zu meinem Bedauern nicht benutzen können.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Thierische Gewebe.

Aus dem Anfange dieses Kapitels, in welchem wir die verschiedenen Ansichten der Naturforscher über die Bildung der Gewebe mittheilten, ging es hervor, dass man hinsichtlich der Zellenbildung noch gar verschiedene Meinungen hegt. Während Einige glauben, dass ursprünglich Alles aus Zellen besteht, wird dies von Anderen geläugnet; und während Einige überall dort, wo Zellen sind, die Kerne als die erzeugenden Theile der Zellen betrachten, glauben Andere, dass der Kern nur zum Inhalte der Zelle gehört, wie ein Stärkmehl- oder Chlorophyllkörnchen. Wie es scheint aber, muss dieser Unterschied mehr den verschiedenen Körperklassen als der Beobachtung zugeschrieben werden. So schwer es oft hält, in den Pflanzenzellen die Kerne zu sehen, so selten fehlen sie in den thierischen, und während man in den Pflanzen die Zellenform allgemein die ursprüngliche nennen kann, entwickeln sich viele thierische Gewebe aus anderen Elementen, als aus Zellen.

Die eifrigen Vertheidiger der Zellentheorie haben indess die Entwicklung der Organe, in welchen Zellen im Anfange sogar fehlen, ebenfalls eine cellulaire genannt. Die kleinen Körperchen, die sich in solchen Geweben während ihrer Entwicklung zeigen, nennen sie Kerne, und da sie in den Kernen selbst Bläschen mit Kernkörperchen sehen, entwickelt sich ein hieraus entstandenes Gewebe dennoch nach der Zellentheorie. Die Zelle gelangt hier nur nicht zur Entwicklung, aber ihr wesentlicher Theil, der Kern, ist dennoch vorhanden, und aus diesem Kern entwickelt sich nun anstatt eines Bläschens eine Primitivfaser.

Wir sehen, dass es hier auf einen Wortstreit hinauslaufen könnte. Bei so kleinen Körperchen, wie die Zellenkerne, kann man nicht mehr dafür einstehen, dass diese Kerne selbst hohle Bläschen sein sollten; es sind kleine rundliche Körperchen, über deren Natur die Beobachtung noch kein klares Licht verbreitet hat.

Fügt man hinzu, dass bei der Entwicklung vieler thierischer Gewebe anfänglich nur solche Kerne gesehen werden, und dass die Entwicklungsprodukte dieser ohne irgend eine Zelle entstehen, dann sehen wir, dass in der Bildung der thierischen Gewebe bei weitem nicht die Allgemeinheit herrscht, welche die Pflanzengewebe zeigen, und dass sich im Gegentheil von der ersten Bildungsstufe an bis zur vollkommenen Ausbildung eine grosse Mannigfaltigkeit in der Entwicklung verschiedener Gewebe findet. Die Beschaffenheit der thierischen Organe ist von der der pflanzlichen denn auch sehr verschieden; die Substanzen, aus denen sie hervorgehen, weichen sehr von einander ab, und daher gibt es eine Reihe eigenthümlicher Entwicklungszustände in thierischen Geweben, welche durch die Zellentheorie nicht vollständig aufgeklärt werden.

In demselben thierischen Gewebe beobachtet man bei dessen Bildung auch nicht bloss eine Entwicklungsart, sondern mehre zugleich: Zellenbildung mit und ohne Kerne, Bildung anderer Elementartheile ohne vorhergehende Zellen.

Es werden im Thierreiche keine Zellen gebildet ohne die Gegenwart einer Substanz, die das Material zur Zellenbildung abgeben muss. Das ist also eine ähnliche Substanz, wie *Mirbel* das Cambium bei den Pflanzen betrachtet: das Cytoblastem. Die Keimungssubstanz ist bei den Thieren entweder eine durchaus klare, durchsichtige Flüssigkeit, oder sie ist mit kleinen Körnchen vermischt, welche vor der Zellenbildung aufgelöst, oder während der Zellenbildung in die Zellenwand aufgenommen werden und diese verdicken. Bei der Entwicklung von Zellen oder anderen ursprünglichen Elementen aus dieser Keimungssubstanz wird diese ganz oder theilweise verwendet, und nimmt im letzteren Falle verschiedene Formen an, sei es nun als eine körnige, zwischen den Zellen übrigbleibende feste Substanz, sei es als eine scheinbar homogene feste Substanz, welche die Zellen von einander trennt und zugleich ihr Bindemittel ist.

Bei den Pflanzenzellen sahen wir (S. 421), dass ein be-

trächtlicher Unterschied stattfindet zwischen der Form und Natur der ersten und der folgenden, gegen die ersteren abgelagerten Zellenmembranen, so dass oft eine alte Zelle zu einem grossen Theil aus ganz anderen Substanzen besteht, als eine jugendliche. Dieselben Ursachen, welche in dieser Hinsicht bei den Pflanzen thätig sind, bestehen auch bei den Thieren. Eine Zellenmembran kann nämlich incrustirt werden, aber — und das sehen wir bei den Pflanzen nicht — sie kann auch aufgelöst und durch eine andere Substanz vertreten werden, oder doch einen so gänzlich verschiedenen chemischen Charakter bekommen, dass man eine wichtige Veränderung in der ursprünglichen Zellenmembran annehmen muss. Die Ursache dieser Verschiedenheit zwischen den Elementartheilen von Pflanzen und Thieren ist die Gegenwart einer kreisenden Flüssigkeit; der Stoffwechsel bei den Pflanzen beschränkt sich auf das, was die in einer Richtung zugeführten Nahrungssäfte erlauben; bei den Thieren giebt es in allen thätigen Theilen während des ganzen Lebens eine Erneuerung des Nahrungssaftes, welche auf die Natur und die Zusammensetzung der gebildeten Theile einen mächtigen Einfluss ausübt und eine viel grössere Wandelbarkeit in den ursprünglichen Formen ermöglicht, als bei den Pflanzen stattfinden kann.

Die ursprüngliche Zellenmembran in thierischen Geweben ist wahrscheinlich eine einzige Substanz, oder doch für die sehr verschiedenen Gewebe eine einzige Verbindung von zwei oder mehr Substanzen, die aber constant die nämlichen sind. Die Wissenschaft kann jetzt nur einigermaassen beleuchten, was dies für eine Substanz sei, oder doch aus welcher Substanz sie hauptsächlich besteht. Wir haben nämlich (S. 315 und 329) gesehen, dass im Eidotter als Hauptbestandtheil nicht Eiweiss, oder Faserstoff, oder Käsestoff, sondern ein Körper vorkommt, der sich durch die Formel $C^{40} H^{62} N^{10} O^{12} + O^2$ ausdrücken lässt, und welcher also Proteinbioxyd genannt werden kann. Mit dieser Substanz, aus welcher sich bei der Brütung die ersten Zellen entwickeln, kommt ein fettes Oehl vermischt vor. Da sich

aber, was für ein Gewebe man auch betrachten möge, in den Zellen während der Entwicklung kein fettes Oehl findet, so kann man dieses für die Zellenentwicklung aus dem Ei mit Recht unberücksichtigt lassen. Das Proteinbioxyd ist also die Substanz, aus welcher sich bei der Brütung des Eies die Zellen bilden. Setzen wir hinzu, dass Proteinoxyd in den thierischen Geweben nirgends fehlt, dass bei der Entzündung die beiden Proteinoxyde in reichlichem Maasse durchschwitzen und ein kräftiges Cytoblastem bilden, dann wächst das Gewicht der Gründe, aus welchen man die folgende allgemeine Regel ableiten darf: dass nämlich die allgemeine ursprüngliche Zellensubstanz im thierischen Körper, wenn es eine solche giebt, Proteinbioxyd ist; ein Körper, der sich unter dem Einflusse des Sauerstoffs aus Protein entwickelt, und der in keinem thierischen Gewebe fehlen kann. Dieses Proteinbioxyd kann, wie uns der Eidotter und die Entzündungskruste lehren, in zwei Formen bestehen, in einer festen und einer flüssigen [1]). Es kann also im flüssigen Zustande ganz für sich allein das Cytoblastem bilden, und durch eine einfache Formveränderung fest werden, ungefähr so, wie Dextrin bei den Pflanzen in Cellulose verwandelt wird.

Man könnte aber, wenn auch wirklich Proteinbioxyd die Substanz ist, aus welcher sich im Eidotter und bei der Bildung von Pseudomembranen die ursprünglichen Zellen entwickeln, an der Allgemeinheit dieser nämlichen Substanz in allen in der Entwicklung begriffenen thierischen Zellen zweifeln. So lange es nicht bewiesen ist, dass sie allgemein sei, kann man sie nicht als allgemein annehmen; allein die angeführten Gründe scheinen mir wichtig genug, um es für sehr wahrscheinlich zu halten, dass die Zellenwand aus Proteinbioxyd gebildet wird.

Von der Umwandlung in der Form und in der Zusammen-

[1]) Im entzündeten Blut ist es aufgelöst, oder doch in einem der Auflösung nahe kommenden Zustande, und bildet auf der Oberfläche des aus der Ader gelassenen Blutes eine Schichte einer Flüssigkeit, die allmälig fest wird, und von jetzt an in Blutserum oder Wasser unlöslich ist.

setzung dieser ursprünglichen thierischen Zellensubstanz in den verschiedenen Geweben lässt sich nur bei jedem einzelnen Gewebe handeln. Wir dürfen hier aber nicht versäumen, die allgemeine Bemerkung zu machen, dass die Verwandlung einer und derselben die Zellenwand bildenden Substanz in die so sehr verschiedenen Elementartheile des Organismus, welche sich später aus derselben bilden, einen wichtigen Einfluss auf den ganzen Organismus ausüben muss. Es herrscht ja in den verschiedenen Geweben eine grosse chemische Verschiedenheit. — Freilich ist diese chemische Verschiedenheit nicht in allen gross, während die Form bisweilen sehr verschieden sein kann; aber sie besteht dennoch, und ist in einigen entwickelten Geweben so gross, dass uns bis jetzt jeder Zusammenhang mit der ursprünglichen Membran unbekannt ist. Wo dieselbe besteht, muss umgekehrt diese Verschiedenheit in der Zusammensetzung nothwendiger Weise in engem Zusammenhang stehen mit der sich im ursprünglichen Gewebe ereignenden Formveränderung.

Die Natur hat aber andere Mittel, um Verschiedenheit in der Form zu erzeugen, als eine sehr grosse materielle Verschiedenheit (S. 364). Aeusserst kleine Mengen anderer beigemischter Substanzen erzeugen, wie wir sahen, im organischen Reich scheinbar grosse Unterschiede, und überall, wo wir sogar — wenn dies möglich wäre — die vollkommenste Uebereinstimmung in der Zusammensetzung neben Verschiedenheit in der Form in der thierischen Natur antreffen sollten, würden wir geneigt sein, dieselben Ursachen zu Hülfe zu rufen, die einiges Licht über Dimorphismus in der anorganischen Natur verbreiten können.

Aus dem Angeführten ergiebt sich klar, dass in dem thierischen Organismus eine unaufhörliche Veränderung in der Zusammensetzung besteht, so lange die Veränderung in der Form fortwährt. Da diese nun bei der schnellen Reproduktion in einigen Geweben während des ganzen Lebens besteht, so besteht ein viel bedeutenderer Stoffwechsel in dem thierischen Körper, als in dem pflanzlichen. Tausende von Zellen werden täglich in

einem ausgebildeten menschlichen Körper gebildet, und ab- und ausgeschieden, z. B. Epitheliumzellen der Schleimhäute; Tausende Primitivfasern nehmen ab und nehmen zu; nirgendwo giebt es Ruhe oder Gleichgewicht; nirgendwo wird also die Form unverändert erhalten; nirgendwo ist die Function irgend eines Molecüle gelähmt; es lässt sich nirgendwo im ganzen Organismus eine Stelle, ein Atom denken, wo nicht zur Erhaltung des anderswo sich ereignenden Stoffwechsels mitgewirkt werden sollte. Das Ganze ist ein durchaus harmonisches Ganzes, in welchem Wirkung und Rückwirkung so enge zusammenhängen, dass das menschliche Gehirn denselben niemals Schritt für Schritt wird folgen können.

Je schwerer aber die Erforschung dieses Zusammenhangs ist, desto kräftiger muss der Naturforscher sich anstrengen, desto schöner ist das Wenige, das er umfassen kann.

Von der Entwicklung der thierischen Gewebe ist viel mehr bekannt, als von denen der Pflanzen, namentlich auch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung. Desshalb kann ich diesen Theil auch wissenschaftlicher behandeln, als dies bei den pflanzlichen Elementartheilen der Fall war.

Die chemischen Reagentien der thierischen Elementarformen sind im Allgemeinen charakteristisch, so dass man mit wenigen ausreicht und dennoch zu einem genauen Resultat gelangen kann. Im Allgemeinen lässt sich von dieser Reaction nichts erwähnen; sie ist für verschiedene entwickelte Elementartheile verschieden; in ganz jugendlichen, noch in der Entwicklung begriffenen, namentlich in den Zellenmembranen, fehlen die Charaktere einer Proteinverbindung niemals.

Als eine allgemeine Eigenschaft der thierischen Zellenkerne aber hat man erkannt, dass sie in Essigsäure, Citronensäure, Weinsäure unauflöslich sind. Essigsäure nun löst alle Proteinverbindungen auf, und aus dieser einfachen Reaction lernen wir also, dass der Kern eine andere Substanz ist, als die ursprüngliche Zellenmembran, welche sich wohl in Essigsäure auflöst. Aber mehr wissen wir leider! darüber nicht. Es ver-

dient indessen Erwähnung, dass der Kern etwas Anderes ist, als die Membran. Ist der Kern nun der eigentlich thätige Theil der Zelle, der erzeugende Theil derselben, dann gewinnt es noch an Interesse, diese Kernsubstanz gut zu kennen. Und dies um so mehr, weil sich in einigen Geweben aus den Kernen Fasern bilden.

Was die Kerne betrifft, die in thierischen Geweben keine Zellen, sondern andere Elementartheile erzeugen, so liegt in diesem durch Beobachtungen wohl constatirten Umstande nichts Sonderbares. Ein Kern ist eine kleine Gruppe organisches Molecüle, von welchen eine gewisse Thätigkeit ausgeht, eine Thätigkeit nämlich im chemischen Sinne. Diese Gruppe erzeugt eine gewisse chemische Umsetzung in der angrenzenden aufgelösten Substanz, führt sie in den festen Zustand über, und reiht diese Theilchen in einer bestimmten Richtung an ihre Oberfläche an, und zwar in genau entgegengesetzten Richtungen. So entstehen *Henle's* Kernfasern; aber auf diese Weise kann auch jede andere Faser entstehen, die von Kernfasersubstanz (elastischem Gewebe) verschieden ist, wenn nur der Kern oder die ursprüngliche Gruppe verschieden ist. Besteht diese Verschiedenheit, dann kann nämlich aus derselben Flüssigkeit (Nahrungssaft, Cytoblastem) nichts Anderes, als ein verschiedenes Produkt entstehen. Es ist also nicht wahrscheinlich, dass alle Kerne aus einer und derselben Substanz bestehen sollten, weil die Produkte so sehr verschieden sind, die durch die Aneinanderreihung der Theilchen durch Kerne aus demselben Cytoblastem gebildet werden [1]).

Alles, was von den Kernen, als Erzeugern von Fasern, gesagt wird, läuft also darauf hinaus, dass zuerst eine Gruppe fester Molecüle abgeschieden wird, und dass diesse Gruppe von

[1]) In wiefern Gewebe, die ursprünglich keine ausgebildete Zellen erhalten, ausser Kernen unausgebildete Zellen enthalten sollten, welche in Fasern übergehen, muss durch neue Beobachtungen entschieden werden.

Einfluss ist auf die Absonderung fester Theilchen aus der umgebenden Flüssigkeit. Dieser Einfluss geht der Beobachtung zufolge von zwei entgegengesetzten Seiten der festen Gruppe aus.

Die Bildung organischer Fasern zeigt aus diesem Gesichtspunkt einigen, wenn auch nur einen unvollkommenen Zusammenhang mit der Absonderung kristallinischer Substanzen, welche durch Molecüle fester Körper, die man in eine concentrirte Salzlösung bringt, bedingt wird. —

Was weiter die Entwicklung der thierischen Elementarformen überhaupt betrifft, so ist dieser Punkt einer der schwierigsten, die man sich denken kann. Ueber die Entstehung von Zellen aus Kernen oder auf eine andere Weise haben wir (S. 369) im Allgemeinen gesprochen. Für unseren Zweck brauchen wir darüber jetzt nicht näher zu handeln. Die im thierischen Organismus so häufige Entstehung von Fasern lässt sich vielleicht unter den soeben vorgetragenen Gesichtspunkt bringen. Die Entwicklung von Kanälen und Röhren geschieht im Thierkörper gewiss auf eine ähnliche Weise, wie bei den Pflanzen stattzufinden scheint (S. 443). Und was endlich die Anordnung dieser drei hauptsächlichsten Elementarformen, von Zellen, Fasern und Kanälen, zu zusammengesetzten Organen betrifft, so liegt diese, für so weit sie bis jetzt untersucht ist, zu sehr ausserhalb des Gebiets einer physiologischen Chemie, als dass es zweckmässig sein sollte, mich hier darüber zu verbreiten, um so mehr, da ich diesen Punkt durch eigene Beobachtungen nicht aufklären konnte.

Indem ich die nachstehenden thierischen Gewebe verfolgte, beabsichtigte ich mehr, sie im Verhältniss zur chemischen Zusammensetzung der Elementartheile zu betrachten, als eine ausführliche Beschreibung dieser Elementarformen selbst zu geben. Der Zweck dieses Werks musste Ersteres und keineswegs Letzteres sein. Ich habe dabei das, was von tüchtigen Männern in diesem Fache hierüber vorgebracht worden ist, zu Rathe gezogen, nicht aber abgeschrieben, und verweise im Ge-

gentheil den Leser auf *Henle* [1]), *Valentin* [2]), *Krause* [3]), *Todd*, *Bowman* [4]) u. A., bei denen man eine unschätzbare Menge von Thatsachen über diesen Gegenstand verzeichnet findet.

Der innige Zusammenhang zwischen den Elementarformen und der chemischen Zusammensetzung der Bestandtheile des organischen Reichs, der sich dem Bewusstsein immer klarer aufdrängt, erforderte eine eigene mikroskopische Untersuchung dieser thierischen Theile. Ich rief hierbei nicht vergeblich die Tüchtigheit meines Freundes Dr. *Donders*, des Lehrers der Anatomie und Physiologie an der Schule für Militairärzte, zu Hülfe, der die Güte hatte, die wichtigsten Gewebe mit mir durchzugehen, und dessen Scharfsinne der Leser das Gute, das die unten zu erwähnenden Untersuchungen geliefert haben mögen, zuzuschreiben hat.

Horngewebe.

Eine Menge verschiedener Theile des thierischen Organismus haben in ihrer elementairen Structur eine grosse Uebereinstimmung mit den bleibenden Hörnern der Wiederkäuer und sind aus diesem Grunde Horngewebe genannt worden. Im jugendlichen Zustande bestehen sie alle aus Zellen mit deutlich zu unterscheidenden Kernen, aber bei der Weiterentwicklung der Gewebe geht die Zellenform ganz oder theilweise verloren, und das Gewebe zeigt sich dann meist in einer ganz anderen Gestalt.

Dieser Unterschied ist aber nur scheinbar. Indem die Zellen zusammengedrückt werden, und ihr flüssiger Inhalt vertrocknet, entstehen meistens auf verschiedene Weise mit einander verbundene Plättchen, die durch Flüssigkeiten, welche im

1) Allgem. Anat. S. 220 ff. 1, Leipzig 1841.
2) *Wagner's* Handwörterb. 1, S. 618.
3) Handbuch der menschlichen Anatomie, Hannover 1843.
4) The physiological Anatomy and Physiology of man, London 1813

Stande sind, die alte Zellwand zu durchdringen, in der That bei fast allen die schönsten Zellen zum Vorschein bringen.

Die Kenntniss der Horngewebe lässt sich aus diesem Grunde jetzt schon kurz zusammenfassen: sie bestehen nämlich aus Zellen, die von ihrer Entstehung an keine Veränderung erlitten haben, nur dass sie bisweilen ihre Kerne verloren haben, des flüssigen Inhalts beraubt sind, und durch Druck oder Zerrung Plättchen oder Fasern bilden, die sich unter der Einwirkung gewisser chemischer Agentien wieder zu Zellen zurückführen lassen.

Was die chemische Natur dieser Gewebe betrifft, so ist viel Grund vorhanden, in den meisten derselben eine einzige Grundsubstanz anzunehmen, eine Substanz, welche die *Zellwand* entweder ganz, oder doch zum grössten Theil bildet. Hinsichtlich chemischer Reagentien verhalten sich denn auch die meisten Horngewebe so, dass sie eine gleichartige Beschaffenheit verrathen. Es bestehen aber dennoch Verschiedenheiten, welche aus zwei Ursachen hervorgehen können.

Das Cytoblastem scheint nicht für alle Horngewebe das nämliche zu sein; es bleibt bei der Bildung ziemlich übereinstimmender Zellenmembranen in verschiedenen Geweben ein verschiedener Bestandtheil jenes Cytoblastems zurück, der sich theilweise als Bindesubstanz zwischen die Zellen lagert, zum Theil in der Zelle selbst eingeschlossen wird.

Der Luft ausgesetzt, vertrocknen die meisten Horngewebe, und die Zellen besitzen, wie sehr sie auch platt gedrückt und verzerrt sein mögen, dadurch einen gewissen getrockneten Inhalt, der auf die chemische Zusammensetzung von Einfluss ist, und in jener Zusammensetzung kleine Verschiedenheiten bedingt, von denen die Chemie noch keine vollkommene Rechenschaft zu geben vermag.

Was die Bindesubstanz betrifft, so verbindet auch diese ihren Einfluss mit dem des getrockneten Inhalts, um eine Verschiedenheit in der chemischen Natur der Horngewebe hervorzubringen, während die Zellenwände in einigen derselben vielleicht vollkommen gleich sind.

Dass aber diese Zellenwände nicht in allen dieselben Substanzen enthalten, wird sich später ergeben; aber sie nähern sich einander doch so, dass man sie für die meisten ruhig unter einen Gesichtspunkt bringen darf, wenn man nur das einfache und theilweise das zusammengesetzte Pflasterepithelium ausnimmt.

Epithelium.

Die Haut, die serösen Häute, die Schleimhäute, die innere Oberfläche der Blut- und Lymphgefässe sind mit einem Gewebe bedeckt, das Epithelium genannt wird, und aus deutlich iolirten, meist kernhaltigen Zellen besteht. Durch spanische Fliegen, durch den Contact heisser Körper, oder durch Fäulniss nach dem Tode gewinnt man die Oberhaut der Haut in grossen Platten. Sie fault viel schwerer, als die Haut, stimmt darin mit Horn und Haaren überein, und besitzt, ebenso wie das Epithelium der übrigen Häute, keine Gefässe und Nerven. Das Epithelium entsteht aus Substanzen, die von der Oberfläche der Organe, welche durch dasselbe bedeckt werden sollen, abgeschieden werden. Eine von dieser abgesonderte Flüssigkeit organisirt sich, und bildet entweder eine einzige Zellenschichte, welche bleibend zu sein scheint, so wie auf den serösen Häuten, in den Blutgefässen, und an anderen Stellen, oder mehrere Schichten über einander gelagerter zusammengedrückter Zellen, von welchen die äussersten sich abstossen und durch andere von unten her vertreten werden, so wie in der Oberhaut (Fig. 86). Die erste Art kann man e i n f a c h e s, die zweite s c h i c h t e n f ö r m i g e s E p i t h e l i u m nennen. Bei dem letzteren vermehren sich die Zellen bisweilen, so dass die Zelle stets dicker wird, wenn durch äussere Ursachen die Absonderung der Flüssigkeit, welche die Bildung der Zellen veranlasst, zunimmt (Schwiele); oder diese zellenbildende Flüssigkeit wird an einer kleinen Stelle in grosser Menge ausgeschwitzt, und wirkt wie ein

spitzer Körper durch Druck von Aussen schmerzhaft auf die Haut, welche dadurch einwärts getrieben wird (Hühneraugen).

Die Zusammensetzung des Epitheliums ist sowohl wie dessen Form für verschiedene Theile, die von demselben bedeckt werden, verschieden. Man findet in den Zellen desselben nach *Henle* ein oder zwei Kernkörperchen mit dunklen Contouren, aber ausserdem einige vertheilte hellere Kernchen. Erstere sind in Essigsäure, Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak unlöslich, in Kali und kohlensaurem Kali löslich. Die Zellen selbst sind hell, und entweder mit einer durchsichtigen Flüssigkeit, oder mit einer durchsichtigen festen Substanz gefüllt. Durchschnittlich liegen die Zellen so nahe neben einander, dass sie ebenso wie die Pflanzenzellen polyedrisch sind. Bei anderen sieht man deutlich eine Bindesubstanz der Zellen, welche den Zwischenraum anfüllt, und durch verdünnte Kalilauge, Essigsäure oder Schwefelsäure aufgelöst werden kann, so dass die Zellen übrig bleiben. Diese Intercellularsubstanz ist also eine andere, als die eigentliche Zellensubstanz; sie muss aus dem, was nach der Zellenbildung vom Cytoblastem zurückgeblieben ist, entstanden sein. In vielen Lösungsmitteln, namentlich in Kali und Schwefelsäure, ist sie leichter löslich, als die Zellenwand selbst, wodurch diese Flüssigkeiten eine schöne Gelegenheit an die Hand geben, um die Zellen zu isoliren.

Die Schleimhaut des Mundes, der Nase und anderer Theile ist sehr geeignet, um jugendliche Epitheliumzellen kennen zu lehren. Was man von der Oberfläche dieser Theile abschaben kann, ist jugendliches Epithelium. Es giebt keine schönere und zugleich leichtere Gelegenheit, neue kernhaltende Zellen recht gut zu beobachten, als wenn man etwas Weniges von dem Ueberzug dieser Theile abschabt und unter dem Mikroskop betrachtet. Der Schleim des Mundes, der Nase enthält deshalb stets von neuem abgestossene Epitheliumzellenreihen beigemischt (s. S. 249), und in diesen Ueberzügen hat man also eine fortwährende Quelle neuer Zellenreihen zu sehen, die als Excreta ausgeschieden werden, deren Menge in Krankheiten beträcht-

lich zunehmen kann, und in Masse abgeschieden ein diagnostisches Zeichen in Krankeiten giebt (belegte Zunge), oder ausgeschieden einen wohlthätigen (kritische Ausleerung der ersten Wege), oder einen nachtheiligen Einfluss (Blennorrhoëen) auf den Organismus ausübt [1]).

Man unterscheidet das Epithelium in Pflasterepithelium Cylinderepithelium und Flimmerepithelium. Ersteres bedeckt die Oberfläche der serösen Häute (Fig. 87), welche die Höhlen, in denen Eingeweide frei schweben, so wie die äussere Oberfläche dieser Eingeweide selbst bekleiden, so wie z. B. das Peritonaeum. Wenn man also eine seröse Haut analysirt, hat man ausser der Substanz, welche sich durch Kochen in Leim verwandelt, die Bestandtheile dieses Pflasterepitheliums zu erwarten, welches man also vorher mit einem Messer abschaben muss (s. S. 335). Ungefähr dieselbe Form hat der Ueberzug einiger Schleimhäute, z. B. des Mundes (Fig. 89), so wie die innere Hülle des Herzens, der Arterien und Venen bis zu dem Capillarsystem. Es wird auch durch kochendes Wasser nicht aufgelöst, auch nicht in Aether und Alkohol, in Ammoniak oder kohlensaurem Ammoniak, in verdünnten Mineralsäuren, aber in Essigsäure wird es, wenn auch nicht leicht, dennoch aufgelöst, leicht in Aetzkali.

Pflasterepithelium. Es giebt hiervon zwei Arten; das, welches aus einer Schichte besteht, und das, welches aus mehren gebildet ist.

Das einfache Epithelium haben wir auf den serösen Häuten, bestimmter auf dem Peritonaeum verfolgt [2]). Es kommt

[1]) In unzähliger Menge sind desshalb diese Epitheliumzellen den Faeces beigemischt, und bilden einen nicht zu vernachlässigenden Bestandtheil derselben. Sie sind stickstoffhaltig, und der Nutzen der Faeces als Dünger hängt zum Theil von ihrer Gegenwart ab, zum Theil von den ebenfalls beigemischten Schleimkörperchen vom Schleim der ersten Wege.

[2]) Einfaches Pflasterepithelium durch Abschaben von der inneren Oberfläche des Peritonaeums einer Kuh, besteht aus sehr dünnen, an einander schliessenden, viereckigen Plättchen, mit körnigem Inhalt; nur in

auch innerlich in den Arterien vor, wo wir es ungefähr ebenso fanden, wie auf dem Peritonaeum. Es besteht aus sehr platten, kleinen Zellen mit körnigem Inhalt. Woraus aber die Wand, der Inhalt, oder — wenn sie vorkommen — die Kerne bestehen, hat bei der Unmöglichkeit, eine zur Untersuchung hinreichende Menge zu sammeln, nicht untersucht werden können.

Es ist aber kein hinreichender Grund vorhanden, dieses Epithelium chemisch an die folgenden Arten anzureihen.

Das zusammengesetzte oder geschichtete Epithelium ist verschiedener Natur. Zunächst gehört hierher dasjenige, welches die Mundhöhle auskleidet, und welches von der inneren Fläche der Wange leicht abgenommen werden kann, und also, wenn gleich mit etwas Speichel und Schleimkörperchen vermischt, dennoch zur Untersuchung sehr geeignet ist. Da aber die zu erhaltende Menge dieser Zellen sehr gering ist, so ist die Kenntniss, die wir von ihrer Natur besitzen, noch sehr beschränkt.

Es sind grosse, eckige, mit einem Kern versehene und mit einer körnigen Substanz theilweise gefüllte Plättchen (Fig. 89), welche aber in Kali zu vollständigen Zellen aufquellen (Fig. 90, a, b, c); die alkalische Flüssigkeit löst die Wände — wenig-

einem einzigen sieht man einen Kern (Fig. 87). Durch verdünnte Essigsäure werden sie viel bleicher, aber körniger. Es kommen nicht mehre Kerne zum Vorschein, sondern die Zellen scheinen kernlos. Der körnige Inhalt reicht bis an den Rand. Durch concentrirte Essigsäure weichen sie aus einander und liegen in kleinen Entfernungen; sie sind rund geworden, bleiben körnig, und behalten dieselbe Grösse, die sie im Anfang hatten.

Durch Abschaben aus der Aorta eines Menschen zeigen sie denselben Bau, sie sind aber noch bleicher und weniger deutlich. Indess haben sie einen deutlichen grossen Kern, mit hellem Rande.

Auf dieselbe Weise der Oberfläche der Hirnhöhlen einer Kuh entnommen, stimmen sie wieder mit den vorigen überein, liegen aber in einiger Entfernung von einander, sind sehr bleich und dünn, kurz, rund mit Kernen versehen. Durch Essigsäure werden sie noch bleicher, die Kerne kommen nicht mehr zum Vorschein; der Inhalt aber zeigt sich körnig. Wir sahen keine Cilien an denselben. (*Donders* und *M.*)

stens anfangs — nicht auf, durchdringt dieselben endosmotisch, und verwandelt die Plättchen in Ellipsoide (Fig. 90, d) [1].

Nach der Erfahrung zu urtheilen, die wir bis jetzt an denselben erworben haben, sind die Zellenwände und Kerne die-

[1]) Epithelium der Mundhöhle. Durchsichtige, eckige, unregelmässige Plättchen, mit grossen Kernen und einer Menge kleiner Körnchen um den Kern zerstreut (Fig. 89). In concentrirter Essigsäure werden die Kerne bleich, was um so mehr auffällt, da die Kerne in der Regel durch Essigsäure viel deutlicher werden. Von besonderen Kernkörperchen ist keine Spur vorhanden. Die Körnchen sind nach Anwendung der Essigsäure im übrigen Theil des Plättchens viel häufiger geworden, so dass gleichsam die ganze Oberfläche mit denselben ausgekleidet ist. Auf Zusatz von Wasser verändern sie sich nicht, auch die Kerne nicht.

Concentrirte Salpetersäure macht sie bleich und macht die Kerne verschwinden; setzt man darauf Ammoniak hinzu, dann werden sie wieder deutlicher, der Inhalt in einigen körniger, aber die Kerne werden nicht wieder hergestellt. Sie werden nicht gelb, aber sie sind schön oval geworden. Erwärmt man sie mit concentrirter Salpetersäure und setzt dann Ammoniak im Ueberschuss hinzu, dann werden die Zellenwände gelblich, aber schwach. Die Zellen sind sphaeroidisch geworden.

In concentrirter d. h. gesättigter Kalilösung werden sie nicht rasch aufgelöst; durch Zusatz von Wasser quellen sie auf, und sie werden statt plattenförmig ellipsoidisch und kugelrund. Die Kerne verschwinden und die körnigen Körperchen gleichfalls; es bleibt nur ein sehr durchsichtiges kugelrundes Bläschen übrig, das endlich aufgelöst wird (Fig. 90, a. b. c).

Nachdem sie sechs Stunden lang in concentrirter Kalilauge gelegen haben, sind sie ungefähr kugelrund geworden, und die Zellen mit einem körnigen Inhalt versehen, und in jeder Zelle ein Kern. Auf Zusatz von Wasser wälzen sie sich und schwimmen wie runde Zellen in der Flüssigkeit (Fig. 90, d); sie werden viel bleicher und allmälig aufgelöst. Die Kerne verschwinden früher, und werden erst zu einer körnigen Substanz (Fig. 90, b. c); der körnige Inhalt der Zellen wird in der mit Wasser verdünnten Kalilauge bald unsichtbar (Fig. 90, d).

Eine sich wälzende Zelle, die sich ellipsoidisch zeigt, lässt zugleich den Kern als ein kugelförmiges Körperchen sehen; in jeder Lage zeigt er ja denselben Durchmesser.

Jodtinctur macht die Zellen sehr braun und die Kerne viel deutlicher.

Schwefelsaures Eisenoxyd färbt sie nicht. Hierin liegt also der Grund der rothen Farbe nicht, welche der Speichel durch ein Eisensalz erhält.

Bei einer später wiederholten Untersuchung des Epitheliums vom Peritonaeum einer Kuh fanden wir in jeder Zelle einen deutlichen, relativ grossen Kern (Fig. 87, 1). (*Donders* und *M.*)

ser Zellen von allen übrigen des Horngewebes verschieden. Protein scheint nur in geringer Menge in denselben vorzukommen, eine Substanz, welche den Hauptbestandtheil eines jeden wahren Horngewebes ausmacht.

Oberhaut. Die chemische Kenntniss, die wir vom Epithelium, das die verschiedenen Theile des Körpers bedeckt, besitzen, beschränkt sich grösstentheils auf die Epidermis. Ausser den fast nie fehlenden, sogenannten anorganischen Salzen, etwas Fett, den Bestandtheilen des Schweisses, mit welchen die Oberhaut getränkt ist, als milchsaures Ammoniak, Milchsäure, Essigsäure, Kochsalz, phosphorsaures Natron, phosphorsaurer Kalk, Eisenoxyd, Chlorammonium (*Thénard, Berzelius, Anselmino*), trifft man in denselben 5% einer leimgebenden, durch Auskochen in Wasser löslichen Substanz, einen Bestandtheil, der indess dem eigentlichen Gewebe, welches aus 93—95% einer unlöslichen Substanz besteht, wahrscheinlich fremd ist. Durch concentrirte Alkalien und concentrirte Schwefelsäure wird die Oberhaut leicht aufgelöst, woher man die Eigenschaft dieser Säure und der Alkalien abzuleiten hat, dass sie sich fettig anfühlen. In Alkalien lässt sie jedoch einen kleinen ungelösten Rückstand, sogar nach einer viele Tage hindurch fortgesetzten Digestion. Die alkalische Auflösung giebt mit Essigsäure ein weisses Praecipitat. Salpetersäure färbt die Oberhaut gelb und verwandelt sie in Xanthoproteinsäure; salpetersaures Silber färbt sie violett, zunächst weil Kochsalz in ihr vorkommt, wodurch Chlorsilber entsteht, das an der Luft die Farbe ändert, sodann weil der Schwefel der Oberhaut schwarzes Schwefelsilber bildet, weiter weil das Silberoxyd zu Silber reducirt wird. In der Flamme verbrennt sie mit dem Geruch nach verbrennendem Protein. Durch Alkohol und Aether wird sie nicht aufgelöst. Salpetersaures Quecksilber färbt sie rothbraun [1]).

[1]) Oberhaut von der Brust eines Foetus, der beinahe ausgetragen war, quer durchschnitten, nach sechsstündiger Maceration in concentrirter Kalilauge. Auf Zusatz von Wasser löst sich die Oberhaut ab; von der

Die Zusammensetzung der Oberhaut, deren unteren weicheren Theil man früher mit Unrecht für eine eigene Hülle hielt (rete Malpighii), darf nicht aus der der Haare abgeleitet werden. Obgleich nämlich *Scherer* eine Uebereinstimmung in der

unteren Fläche an quellen die Zellen auf, und das Ganze zeigt ein zelliges Ansehen; allmälig werden die Zellen sichtbarer und die ganze Oberhaut zeigt auf einander gelagerte Schichten wohlgebildeter ovaler Zellen.

Die Oberhaut besteht also aus einigen Schichten an und auf einander befestigter, sehr platt gedrückter Zellen, die durch Kali und Wasser aufquellen.

Beim Ablösen der Oberhaut sieht man eine feinkörnige Substanz zwischen Haut und Oberhaut schwimmen; es mag das mit Kernen untermischte Cytoblastem der Oberhaut sein.

In parallel der Oberfläche der Vola manus des Foetus entnommener Oberhaut sieht man nach siebenstündiger Maceration in concentrirtem Kali nichts als vollkommen wohl gebildete ovale Zellen und in diesen deutlich kleine Kerne. Einzelne isoliren sich und schwimmen in der Kalilauge. Auf Zusatz von Wasser verändern sie sich nicht.

Die Oberhaut eines Erwachsenen aus der Vola manus parallel der Oberfläche zeigt nach siebenstündiger Maceration in concentrirtem Kali, ebenfalls lauter ovale Zellen (Fig. 91) und wenn man den Focus verändert und Wasser zusetzt, eine bedeutende Entfernung zwischen zwei einander gegenüberliegenden Zellenwänden. Die Plättchen sind also zu sehr durchsichtigen Zellen aufgequollen. Schwefelsäure contrahirt sie und macht sie weniger durchsichtig, aber als Zellen deutlich. In Kali isoliren sich die Zellen, schwimmen einzeln und zeigen keine Kerne; selbst die Plättchen der obersten Schichten werden in wahre Zellen verändert (*a*). Die der tieferen Schichten sind kleiner (*b*), die von Schwielen runder (*c*).

Die Oberhaut des Schenkels eines Erwachsenen ist, nachdem sie vier Stunden in verdünnter Essigsäure gelegen hat, durchsichtiger geworden (Fig. 86). Die äussersten Schichten sind Plättchen (Fig. 86, a im Durchschnitt, Fig. 92 auf der Oberfläche gesehen); unter denselben sieht man regelmässig gelagerte kleine Zellen mit Kernen (Fig. 86, b); hierunter zerstreute Kerne (c) und dann ein Schichtchen, in welchem man nichts sieht (*d*). Hierauf folgt endlich die Haut.

Sechs Wochen lang in reichlicher Schwefelsäure aufbewahrte Oberhaut ist scheinbar aufgelöst, aber unter dem Mikroskop lassen sich noch viele Plättchen unterscheiden, an welchen sich die Structur der Oberhaut noch erkennen lässt. Durch Wasser quellen sie zu deutlichen Zellen auf.

Nachdem sie sechs Monate lang in concentrirter Salpetersäure gelegen hat, — wo Alles in Xanthoproteinsäure verwandelt ist,—zeigt die Oberhaut dieselbe plättchenförmige Structur, nur sind die Plättchen von einander isolirt und sie haben dunkle Contouren. Viele zeigen sich beim Wälzen oval, andere eckig, aber in keinem Falle platt, sondern entweder als Parallelepi-

Zusammensetzung aller Horngewebe gefunden hat, hat sich diese nicht bestätigt.

Zwar sind die Unterschiede bei den Elementaranalysen nicht gross, aber die Eigenschaften der Oberhaut sind wesentlich von denen der Haare verschieden, so dass wir sie durchaus nicht auf dasselbe Gewebe zurückführen dürfen [1]). Im Gegentheil, sie scheinen sich freilich denen der Hörner und des Fischbeins zu nähern, sind aber doch auch wesentlich von diesen verschieden, während die Eigenschaften der Nägel mit denen der Oberhaut so sehr übereinstimmen, dass man sie, wenn nicht die Zusammensetzung verschieden wäre, beide für dieselben chemischen Körper halten würde. Der Schwefelgehalt der Oberhaut ist nämlich viel geringer als der der Nägel, und der Kohlenstoff

peda oder in der Form eines Kubus. In vielen ist eine grosse Luftblase (von Stickstoffoxyd) eingeschlossen, wodurch mehr als hinreichend bewiesen wird, dass die Stückchen wirklich nach drei Dimensionen aufgequollen sind.

Sechs Monate lang in concentrirter Essigsäure aufbewahrte Oberhaut ist unverändert und durchsichtiger geworden.

Nachdem sie sechs Monate in Salpetersäure gelegen hat, hat sich Ulminsäure aus ihr gebildet, aber theilweise lässt sich die Form noch gut unterscheiden.

Nach sechsmonatlicher Aufbewahrung in concentrirtem Kali ist sie ganz aufgelöst, mit Ausnahme einiger weniger Theilchen ohne charakteristische Form (*Donders* und *M.*).

[1]) *Scherer* hat für die Oberhaut der Fusssohlen gefunden (Ann. d. Ch. und Pharm. Bd. 40, S. 55):

C	50,75
H	6,76
N	17,23
O } S }	25,26

Bei Wiederholung dieser Analyse von mit Aether und Alkohol ausgezogener Epidermis der Fusssohlen (*Scheik. Onderz.* D. III) wurde erhalten:

C	50,28	49,84
H	6,76	6,75
N	17,21	
O	25,01	
S	0,74.	

Die Analyse von *Scherer* hat sich also für H und N bestätigt, C ist aber in den Versuchen von *Scherer* zu hoch ausgefallen.

der Oberhaut ist ebenfalls um 1 % von dem der Nägel verschieden, weshalb sie nicht identisch sind.

Die Formel, welche die Zusammensetzung der Oberhaut ausdrückt, ist 5 (C^{40} H^{66} N^{12} O^{15}) S [1]; es ist aber nicht möglich jetzt die Richtigkeit derselben zu beweisen. Ich bezweifle im Gegentheil die Reinheit der Oberhaut, und setze sie, hinsichtlich des Werths der Untersuchung, den Haaren, Nägeln, Hörnern, dem Fischbein u. s. w. weit nach, weil in der Oberhaut der Inhalt der plattgedrückten Zellen viel grösser zu sein scheint, als in irgend einem anderen der genannten Horngewebe, die im Gegentheil einen zu vernachlässigenden Inhalt zu haben scheinen, und deren Kenntniss, aus einem chemischen Gesichtspunkte, auf die Kenntniss der fast das ganze Gewebe bildenden Zellwand beschränkt ist.

So viel steht indess fest, dass die Oberhaut mit keinem der andern bisjetzt bekannten Horngewebe in der Zusammensetzung übereinstimmt, und sich durch einen viel geringeren Schwefelgehalt unterscheidet.

Wenn man eine Auflösung dieser Körper in verdünntem Aetzkali bereitet, so entsteht, wenn man tropfenweise Essigsäure zusetzt, bevor die Auflösung sauer ist, in der von Haaren ein schwaches Praecipitat von Protein, in der von Fischbein, Hörnern und Oberhaut ein noch sparsameres Praecipitat; in diesen drei letzteren Flüssigkeiten aber ein reiches Praecipitat, wenn man die Flüssigkeit sehr sauer macht; dieses Praecipitat ist Proteinbioxyd.

Eine andere Uebereinstimmung zeigt die Oberhaut mit Horn und Fischbein, durch welche diese aber sämmtlich wieder von Haaren verschieden sind, nämlich die, dass sie in kochender concentrirter Essigsäure erst gallertig und dann aufgelöst werden, während Haare darin fast unlöslich sind. Aus der essigsauren Auflösung fällt Ammoniak bei allen Proteinbioxyd, welche Substanz sich also in allen dreien als solche findet.

[1]) = 5 (C^{40} H^{62} N^{10} O^{15} + N^2 H^4) + S. Siehe *Horn*.

Eine der Schwierigkeiten, die Elementarzusammensetzung der Oberhaut kennen zu lernen, besteht darin, dass sie mit vielen fremden Substanzen vermischt ist, und nach *John* nur 93 — 95 % eigentliche Hornsubstanz enthält. Aether und Alkohol können einige derselben ausziehen, aber durch Wasser entwickelt sich zugleich H^2 S, wodurch die genaue Bestimmung des Schwefelgehalts gestört wird. Deshalb unterblieb in der mitgetheilten Analyse auch die Behandlung der Substanz mit Wasser.

Dass indess die Oberhaut mit Horn und Fischbein nicht ganz übereinstimmt, wird sich unten zeigen.

Dass die Oberhaut abgestossen wird und sich von unten her jedesmal erneuert, ist sattsam bekannt. Diese Erneuerung geschieht in der Art und Weise, in der sich Zellen überhaupt erneuern (S. 369), von unten her, an der Stelle, an welcher die zähe zellenbildende Flüssigkeit (Fig. 86, d) durch die Haut abgesondert wird. Die unteren Zellen sind deshalb weicher, und aus diesem Grunde von *Malpighi* für eine eigene Hülle gehalten worden (Fig. 86, b c). Durch die von unten ausgehende Erneuerung der Zellen und durch das Abstossen der obersten, werden die untersten endlich die obersten und äussersten und dies geht ebenso fort bei der Oberhaut, wie es bei dem geschichteten Epithelium der Schleimhäute geschieht. Es giebt also eine fortwährende Absonderung der Substanz, aus welcher das Epithelium besteht, einer Substanz, welche als Flüssigkeit abgesondert, zu Zellen organisirt, abgestossen, durch neue vertreten wird, u. s. w. So wird eine beträchtliche Menge Protein dem Organismus entzogen, um eine scheinbar unbedeutende Function zu erfüllen.

Es kann oft eine grosse Menge dieser Zellen von der übrigen Masse abgestossen und durch neue vertreten werden. In den Masern z. B. und im Scharlach sieht man ganze Fetzen abfallen. Nach Verwundungen sieht man Oberhaut auf dem neugebildeten Gewebe entstehen.

Bei den sogenannten Horngeweben sehen wir im entwik-

kelten Zustande nur eine zusammengedrückte zellige Form, durch welche diese histologisch unter einen Gesichtspunkt gebracht werden mögen. Von diesen unterscheiden sich die folgenden, deren der mangelhaften chemischen Kenntniss wegen, die wir von denselben besitzen, nur mit wenigen Worten hier Erwähnung geschieht.

Zunächst gehört hierher nämlich das Cylinderepithelium (Fig. 93), welches aus ursprünglich runden Zellen entstanden ist, die sich nur in einer Richtung ausdehnen und so Cylinderchen bilden. Häufig aber sind sie im menschlichen Körper kegelförmig (a), und liegen entweder zusammengedrückt neben einander, so dass sie vieleckige Durchschnitte geben, oder sie lassen Zwischenräume zwischen sich, die mit einer durchsichtigen Intercellularsubstanz (b) angefüllt sind.

Die chemische Reaction der Substanzen, aus welchen diese Zellen bestehen, ist wie die der vorigen. Man findet sie auf einer grossen Oberfläche im Darmkanal von der Cardia her bis in die Nähe des Anus, in den Gallengängen und als Ueberzug vieler anderer Organe.

Von dem Ursprunge desselben weiss man, aus einem chemischen Gesichtspunkte betrachtet, nichts; da aber das Verhalten zu Reagentien das nämliche ist, wie beim Pflasterepithelium, so ist es wahrscheinlich, dass auch die Entstehung sich nur wenig unterscheidet.

Eine andere Art ist das Flimmerepithelium (Fig. 94), dessen Bau von dem Cylinderepithelium nicht wesentlich verschieden ist, ausser an der freien Oberfläche, welche pinselförmig und mit einer Menge Cilien bedeckt ist (a), welche im Leben fortwährend in Bewegung begriffen sind. Man findet diesen Ueberzug in den Respirationsorganen und von der Hälfte des Muttermundes an aufwärts in den weiblichen Geschlechtstheilen und in den Hirnhöhlen des Menschen. In chemischer Hinsicht ist davon noch nichts bekannt.

Eine Menge kleinerer Thiere, namentlich die Insuforien, zeigen an ihrer Oberfläche vielfache Flimmerbewegung. In

jugendlichen Körpern sieht man sie ebenfalls häufig. Die Ursache dieser Bewegung liegt noch ganz im Finstern, denn man sieht sie bisweilen selbst nach dem Tode des Individuums noch fortdauern, und die Schnelligkeit, mit der die Bewegung vollführt wird, setzt in Staunen. Von der chemischen Natur dieses Flimmerepithetiums ist ebenfalls nichts bekannt.

Die Nägel sind im Wesen von der Epidermis nicht verschieden, weder im Ursprung, noch im Bau, noch in der Beschaffenheit, noch in der Zusammensetzung. Sie sind nur härter und elastisch. Es sind Gruppen von Zellenreihen, gerade so wie die Oberhaut, aber in grösserer Anzahl. Ihre fortwährende Erneuerung ist bekannt. Gerade wie bei der Oberhaut von unten her neues Cytoblastem die Bildung neuer Zellenreihen veranlasst, gerade so geschieht dies bei den Nägeln, von welcher Art sie auch sein mögen, an allen den Stellen, an welchen sie mit der unterliegenden Haut verbunden sind, nämlich von der unteren Fläche und an den hinteren und seitlichen Rändern, die in einer Hautfalte enthalten sind, namentlich aber nach hinten, wo sich die eigentliche Matrix findet. Da wird Cytoblastem abgesondert, aus dem Zellen werden und aus welchem die nach aussen tretenden Plättchen der Nägel, als ein Agglomerat dicht zusammengeballter Zellen, ganz übereinstimmend mit denen der Oberhaut gebildet werden. Sie sind also auch als organisirte Secreta zu betrachten, durch welche einer der unentbehrlichsten Bestandtheile des Körpers, das Protein, entleert und der Menge nach im Körper vermindert wird [1].

[1]) Nägel der Finger eines Erwachsenen zeigen parallel der Oberfläche unregelmässige Streifen; quer an dem härtesten vordersten Theile des Nagels streifenförmig verlaufende Linien, mit kleinen dunkeln Körperchen (Höhlen?) untermischt.

Schabt man etwas von der Oberhaut ab und lässt es drei Stunden in concentrirter Essigsäure liegen, dann zeigen sich mehr durchsichtig gewordene Hornplättchen, von denen einige mit einem Kern versehen sind (Fig. 95, *a*).

Nach sechsstündiger Maceration in concentrirtem Kali ist es körnig und fast nichts zu unterscheiden. Auf Zusatz von Wasser sieht man ein Netz von

Die Nägel haben nicht dieselbe Zusammensetzung wie die Oberhaut. *Scherer* hat die von Menschen untersucht; die von Kühen und Pferden sind dem Wesen nach nicht verschieden; die Zusammensetzung aber ist nicht vollkommen dieselbe, weil der vertrocknete Zelleninhalt verschieden ist; aber die Zellenwand scheint von allen gleich zu sein [1]. *Lauth* glaubt, dass sie mehr phosphorsauren Kalk als die Oberhaut enthalten. Men-

Maschen, von denen jede einen deutlichen Kern hat; die durch die Contouren der plattgedrückten Zellen gebildeten Maschen werden, nachdem das Wasser eine Zeit lang eingewirkt hat, rundlicher, einige ganz rund (Fig. 95, b); jede derselben zeigt einen deutlichen Kern (b 1). Es fliesst mit dem Wasser eine körnige Substanz ab, während die Zellen deutlicher werden und mehr aufquellen. Die Zellen sitzen auch hier an einander fest. Durch Essigsäure zieht sich alles zusammen, es wird dunkler, und die Zellen bekommen einen körnigen Inhalt.

Wenn der Nagel 6 Stunden in Kali mit 1/4 Wasser gelegen hat, sieht man ohne Zusatz von Wasser die Zellen deutlich und sehr aufgequollen.

Nach sechsstündiger Maceration in concentrirtem Kali zeigen sich in einem der Oberfläche parallelen Schnitt krumme Linien; auf Zusatz von Wasser quillt alles sehr auf, und die Zellen kommen deutlich an der Oberfläche zum Vorschein. Ebenso auf dem Längenschnitt.

Der Oberfläche parallele Durchschnitte der Nägel eines fast ausgetragenen Foetus sind, nachdem sie sechs Stunden in concentrirtem Kali gelegen haben, ohne dass Wasser zugesetzt worden, zu frei herumschwimmenden Zellen geworden, von denen jede einen Kern hat. Die Zellen sind oval, und werden auf Zusatz von Wasser bleich.

Das ganze Gewebe besteht also aus lauter Zellen. In diesen Zellen kommen Kerne und wahrscheinlich ein Inhalt vor. Die Zellen sind im natürlichen Zustande plattgedrückt, und bilden Plättchen, die der Platte des Nagels selbst parallel sind (*Donders* und *M.*).

[1]) *Scherer* hat für Menschennägel gefunden (Ann. d. Ch. u. Pharm., l. l.):

C	51,098
H	6,824
N	10,901
O S	25,186.

Damit stimmt ungefähr die folgende Analyse von Menschennägeln überein (*Scheik. Onderz.* D. III.):

C	51,00
H	6,94
N	17,51
O	21,75
S	2,80.

schennägel aber, die am meisten anorganische Bestandtheile enthalten, besitzen von demselben ungefähr 1 %, und die menschliche Epidermis giebt ungefähr dieselbe Menge eines unverbrennlichen Rückstandes. Dieser Unterschied darf also als richtig betrachtet werden. Der Unterschied im Kohlenstoffgehalt, den die Analyse der verschiedenen Nagelarten unter einander geliefert haben, muss endlich wieder einem anderen Zelleninhalt oder einer grösseren oder kleineren Menge der die Zellen vereinigenden Bindesubstanz zugeschrieben werden.

Wenn wir von dem Resultate der Analyse der Kuh- und Pferdenägel ausgehen, — die Versuche hinsichtlich des Schwefelgehalts der Menschennägel konnten nicht oft genug wiederholt werden, — so finden wir für dieselben einen Ausdruck in der Formel: $C^{120} H^{186} N^{34} O^{36} S^{4}$ [1]).

Diese Formel, welche wir unten bei den Hörnern und Nägeln näher beleuchten werden, stellt:

$$(C^{40} H^{62} N^{10} (O^{12} N^{4}).) + 2 (C^{40} H^{62} N^{10} (O^{12} S^{2})) \text{ dar.}$$

Sie drückt eine innige Verbindung zweier Substanzen aus, die man sich als Proteinbioxyd denken kann, in denen aber der

Pferdehufe gaben (ibid.), mit Alkohol und Aether ausgezogen:

C	51,41
H	6,96
N	17,46
O	19,94
S	4,23.

Die Hufe von Kühen, ebenfalls mit Alkohol und Aether ausgezogen, gaben (*Scheik. Onderz.* D. III.):

C	51,10
H	6,77
N	17,28
O	20,25
S	4,60.

1)

	At.	ber.
C	120	51,64
H	186	6,54
N	34	16,95
O	36	20,34
S	4	4,53.

Sauerstoff, der im Proteinbioxyd mehr enthalten ist, als im Protein, durch N^4 und S^2 vertreten wird. — In Kali aufgelöst, geben Kuh- und Pferdenägel, mit Essigsäure gefällt, Proteinbioxyd und kein Protein (siehe Horn, Haare, Fischbein).

Hörner.

Die bleibenden Hörner, wie von Kühen u. s. w., stimmen in vieler Hinsicht mit der Oberhaut und den Nägeln überein, sie sind aber im Gegentheil, sowohl im Bau, wie in den Hauptbestandtheilen von Haaren verschieden. Sie bestehen aus einer unzähligen Menge Bündel feiner Fäden, die, ebenso wie in der Hauptsubstanz des Haares, neben einander liegen. Unter der Einwirkung von Kali und Wasser entwickeln sich aber aus diesen Bündeln Plättchen, die allmälig zu regelmässigen Zellen aufquellen, die alle mit einem deutlichen Kern versehen sind (Fig. 97, b); auf Zusatz von Schwefelsäure zeigen sich die Zellen deutlicher ei- oder kugelrund. Das Horngewebe ist also vom Haargewebe verschieden, da letzteres ausser im Mark keine Zellen mehr zeigt [1]. Die Entstehung des Horns ist aber dieselbe

[1]) Weisses Horn einer Kuh. Ein senkrecht auf die Oberfläche gerichteter Längsschnitt, fünf Stunden lang in Kali macerirt, zeigt unregelmässig, dicht gedrängt verlaufende Fasern. Auf Zusatz von Wasser werden die Fasern grösser, mehr gestreckt und deutlicher. Setzt man mehr Wasser hinzu, dann weichen die Fasern mehr aus einander und zeigen sich mehr als die Umrisse von Zellen, in welchen allen ein kleines Kernchen deutlich sichtbar ist (Fig. 96).

Auf dem Querschnitt zeigt Horn, nachdem es fünf Stunden in Kali gelegen hat, sich ebenfalls amorph, mit den ebengenannten dichtgedrängt gebogenen scheinbaren Fasern, hier und da als wenn es die Umrisse von Zellen wären. Auf Zusatz von Wasser entwickelt sich der zellige Bau immer mehr, die Umrisse weichen aus einander und es zeigt sich in jeder Zelle sehr deutlich ein Kern; die Zellen sind sehr durchsichtig. Wenn man das Kali mit verdünnter Schwefelsäure sättigt, werden die Zellen viel deutlicher und zeigen sich fast kugelrund, oder eiförmig ohne Inhalt. Die Kerne sind unsichtbar geworden.

Das Gewebe der Kuhhörner zeigt sich also wie ein durchaus homoge-

wie die der Haare aus einem Cytoblastem, das in einer Vertiefung der Haut abgesondert wird und mit dem, welches die Oberhaut und Nägel bildet, übereinstimmen muss.

Die Farbe der Hörner ist ebenso wie die der Haare verschieden, wahrscheinlich auch ohne materielle Verschiedenheit.

Beim Schaben geben Hörner einen eigenthümlichen Geruch von sich. Fein vertheilt und bis über 100⁰ erwärmt, wird Horn weich und können Stücke desselben an einander kleben und ein Ganzes bilden. In dieser Eigenschaft sind sie von Haaren verschieden.

In Wasser gekocht, wird Horn zwar weich, ohne indess Leim zu geben. Alkohol und Aether ziehen ungefähr dieselben Bestandtheile wie bei den Haaren aus. Wasser entwickelt bei der Digestionstemperatur aus Horn eine gewisse Menge H^2 S, ja sogar Wasser, das bei der gewöhnlichen Temperatur mit fein geraspeltem Horn in Berührung ist, thut dies. Diese Entwicklung

nes Gewebe, das aus lauter Zellen besteht, und zwar aus Zellen ohne sichtbaren Inhalt, aus Zellen, die im Gewebe plattgedrückt sind und durch das Kali aufquellen. Auf der Oberfläche der Flüssigkeit sieht man eine körnige Substanz.

In auf der Oberfläche parallelen und fünf Stunden in Kali macerirten Durchschnitten lässt sich nichts unterscheiden. Auf Zusatz von Wasser ist es, als wenn sie der Länge nach der Oberfläche entnommen wären. Setzt man darauf verdünnte Schwefelsäure hinzu, dann zeigt sich der zellige Bau weniger deutlich. Nach längerer Einwirkung der Schwefelsäure contrahirt sich die Masse zu sehr, so dass sich nichts gut unterscheiden lässt.

In Querschnitten, die 22 Stunden in Kali gelegen haben, zeigen sich die Zellen ohne Zusatz von Wasser ausgezeichnet schön, die meisten mit einem deutlichen Kern versehen (Fig. 97). Durch Wasser werden sie viel durchsichtiger, aber durch Schwefelsäure werden sie wieder schön sichtbar.

Der Oberfläche parallele, sechs Stunden in concentrirter Schwefelsäure macerirte Schnitte sehen aus wie aus krummen Linien bestehende Stückchen, die sich von der Oberfläche abgelöst haben; sie schwimmen wie unregelmässige Plättchen herum. Senkrecht auf die Oberfläche, wo das Ganze zusammenhängt, bildet es grössere Lamellen.

Wenn die Substanz 24 Stunden in Schwefelsäure macerirt ist, lösen sich die Plättchen parallel der Oberfläche ab, und schwimmen wie gebogene kleine Lamellen in der Flüssigkeit (Fig. 98) (*Donders* und *M.*).

von Schwefelwasserstoffgas wird einer ähnlichen Ursache zugeschrieben werden müssen, wie die, welche in Eiern bei der Gerinnung die Entwicklung desselben Gases veranlasst. Es wird hierbei nämlich Schwefelnatrium gebildet aus der Schwefel-Phosphor-Proteinverbindung und dem kohlensauren Natron des Eiweisses, welches Schwefelnatrium durch die Kohlensäure der Luft zur Entwicklung von H^2S praedisponirt wird. Die alkalische Flüssigkeit, mit welcher Horn getränkt ist, entwickelt stets eine kleine Menge des nämlichen Gases, wenn Horn geraspelt und der Luft ausgesetzt wird.

Wenn man Horn in concentrirter Schwefelsäure aufbewahrt, so wird es nach einiger Zeit vollkommen aufgelöst. Salpetersäure bildet aus demselben Xanthoproteinsäure. Concentrirte Essigsäure löst es in der gewöhnlichen Temperatur nicht auf. Salzsäure verändert es nach einiger Zeit in huminsaures Ammoniak.

In verdünntem Kali wird Horn nach einiger Zeit fast ganz aufgelöst, es bleiben einige amorphe Theilchen übrig. Die Auflösung ist hellgelb. Setzt man etwas Essigsäure hinzu, so erhält man ein sparsames Praecipitat, und filtrirt man dies ab, so bleibt aine Auflösung zurück, aus welcher durch überschüssige Essigsäure eine neue Menge eines anderen Praecipitats erhalten wird. Das erste Praecipitat ist Protein, aber man erhält es in so geringer Menge, dass man es zu den zufälligen und nicht zu den wesentlichen Bestandtheilen des Horns zählen muss. Das zweite Praecipitat hat nach Analysen von *J. L. Tilanus* die Zusammensetzung von Proteinbioxyd [1]).

Mit concentrirter Essigsäure gekocht, wird Horn gallertig und endlich aufgelöst, und es gibt mit Ammoniak ein Praeci-

[1]) *Scheik. Onderz.* D. III.

C	52,90	53,15
H	6,72	6,67
N	15,97	15,97
O	24,41	24,21.

pitat, das nach *J. L. Tilaaus* ungefähr die Zusammensetzung von Proteinbioxyd giebt [1]).

Wenn man durch in Wasser vertheiltes Horn Chlor führt, so erhält man eine Chlorverbindung, die man nach der Analyse von *J. L. Tilanus* [2]) durch die Formel: $C^{40} H^{62} N^{8} O^{17} + Cl^{2} O^{3}$ ausdrücken kann.

[1]) Praecipitat aus Essigsäure. Von einer anderen Bereitung. At. ber.

C	50,90	51,36	51,25	51,01	40	51,45
H	6,49	6,59	6,46	6,59	64	6,72
N	15,66	15,66	15,53		10	14,90
O	26,32				16	26,93
S	0,63					

Vgl. wasserfreies Proteintrioxyd bei Haaren. Dieses Proteintrioxyd von Horn ist in Wasser unlöslich.

Für Horn von Kühen, welches er als solches der Untersuchung unterwarf, fand *J. L. Tilanus*:

C	50,94	50,86	50,80
H	6,45	6,83	6,77
O	16,30	16,30	16,30.

Scherer hat für Büffelhorn gefunden (Ann. d. Ch. u. Pharm. Bd. 40, S. 56):

C	51,99	51,16
H	6,72	6,60
N	17,28	17,28
O S	24,01	24,96.

Der von *Scherer* und *Tilanus* gefundene Unterschied in der Zusammensetzung erforderte eine Wiederholung der Versuche.

Von anderen Kuhhörnern wurde indess dasselbe gefunden:

			At.	ber.
C	51,03		80	51,2
H	6,80	6,84	128	6,5
N	16,24	16,00	22	16,0
O	22,51		28	22,1
S	3,42	3,33	2	3,2

[2]) Chlorhorn:

C	46,70	47,06	47,18
H	5,86	5,77	6,04.

Und bei der Wiederholung dieser Versuche an anderen Kuhhörnern und bei einer anderen Bereitung (die Substanz bei 105° getrocknet) wurde erhalten:

	gef.		At.	ber.
C	46,97		40	46,34
H	5,99		62	5,87
N			8	10,75
O			20	30,33
Cl	5,50	5,81	2	6,71.

Scheik. Onderz. D. III.

Eine solche Verbindung hat auch Fischbein gegeben, und da sich Fischbein in der Zusammensetzung dem Horn nähert, sollte man glauben, Fischbein und Horn für ein gleichartiges Gewebe halten zu dürfen.

Es ist indess weit davon entfernt, dass dieser Schluss die Wahrheit ausdrücken sollte. Erstlich giebt Fischbein, in Kali aufgelöst, mit Essigsäure keinen Niederschlag, während Horn ein reichliches Praecipitat giebt; zweitens giebt, Fischbein in concentrirter Essigsäure aufgelöst, mit Ammoniak ein Praecipitat von Proteinbioxyd, während Horn ein Praecipitat giebt, das sowohl in der Zusammensetzung wie in den Eigenschaften von dem des Fischbeins gänzlich verschieden und ungefähr mit unverändertem Horn identisch ist, und endlich kann man die genannte Chlorhornverbindung aus Fischbein nicht durch die blosse Einwirkung von Chlor erhalten, sondern erst nachdem es in Kali aufgelöst worden ist.

Die Zusammensetzung des Horns ist ebenfalls von der des Fischbeins verschieden. Die von *Scherer* gemachte Stickstoffbestimmung des Horns ist ja unrichtig.

Erinnern wir uns daran, dass durch Kali aus Horn eine reichliche Menge Proteinbioxyd zum Vorschein kommt, so wird es wahrscheinlich, dass dessen Formel:

$$C^{80} H^{128} N^{22} O^{28} S^{2} = 2 \, (C^{40} H^{62} N^{10} O^{14} S) + N^{2} H^{4}$$

ist, oder Proteinbioxyd mit Schwefel und Amid verbunden. Wenn dies so ist, dann kann das Praecipitat aus Essigsäure $N^2 H^6$ weniger enthalten, und anstatt S^2 O^2 bekommen:

$$C^{80} H^{124} N^{20} O^{28} S^{2} = 2 \, (C^{40} H^{62} N^{10} O^{15}).$$

Die Zusammensetzung dieses Praecipitats nun war:

	gef.		Proteinbioxyd At.	ber.
C	50,90	51,25	40	51,45
H	6,49	6,46	64	6,72
N	15,66	15,53	10	14,90
O	26,32		16	26,93,
S	0,63			

welche Berechnung ziemlich gut mit dem Gefundenen übereinstimmt, wenn wir die Menge des Schwefels berücksichtigen, die in dem aus Horn erhaltenen Praecipitat vorkommt — und die von einer unvollkommenen Zersetzung abgeleitet werden muss. —

Suchen wir uns Rechenschaft von dieser Zusammensetzung zu geben, so müssen wir folgende Punkte im Auge behalten.

Wir kennen die Eigenschaft von Proteinbioxyd, sich in Proteintrioxyd zu verwandeln; kocht man Faserstoff z. B. in Wasser, dann wird erst Proteinbioxyd gebildet, und aus diesem durch fortgesetztes Kochen Proteintrioxyd, eine Substanz, die wir schon unten in zwei Formen kennen lernten: als Hydrat löslich in Wasser, als wasserfreien Körper aber unlöslich in Wasser (s. Haare). Wird also aus Amid Ammoniak gebildet und O von H^2O mit der organischen Substanz verbunden, und andererseits unter dem Einfluss der atmosphärischen Luft O aufgenommen und der Schwefel hierbei frei, so muss das durch Ammoniak in der essigsauren Lösung gebildete Praecipitat auf jeden Fall eine Zusammensetzung geben, welche sich der von Proteinbi- oder trioxyd nähert. Es ergiebt sich, dass wirklich Letzteres der Fall ist. Es entsteht nämlich auf diese Weise aus Horn eine Substanz, die wir durch $C^{40} H^{64} N^{10} O^{16}$ ausdrücken können.

Ich meine, dass die angeführten Gründe für die Zusammensetzung des Horns $= 2 (C^{40} H^{62} N^{10} O^{14} S) + N^2 H^4$ sprechen, d. h. also für die Zellenwand. Die kleine Abweichung zwischen den berechneten und gefundenen Werthen erklärt sich durch den Inhalt der Zellen und die zwischen den Zellen gelagerte Substanz, die hier aber den mikroskopischen Beobachtungen zufolge nur einen untergeordneten Werth haben können.

Fischbein.

Wenngleich die Entstehung dieses kolossalen Produkts der Wallfische nicht bekannt ist, so hat man doch allen Grund,

es für ein ähnliches Produkt zu halten wie die Nägel, Haare und Hörner. Am Oberkiefer der Balaena mysticetus und anderer bildet sich eine Reihe von Platten, die rechtwinklig auf der Peripherie des Kiefers stehen, eine bedeutende Grösse haben und, indem sie den Mund verschliessen können, das Wasser zwar durchlassen, aber die kleinen Fische, die mit dem Wasser in den Mund gelangt sind, zurückhalten.

Das Fischbein ist von *van Kerckhoff* untersucht [1]).

Die Structur des Fischbeins ist in der That eine sehr einfache. Das ganze Gewebe besteht nämlich aus Zellen, die zu Plättchen zusammengedrückt und nach zwei verschiedenen Richtungen mit einander verbunden sind. Parallel der Länge der grossen Fischbeinplatten verlaufen Markkanälchen, die in Gruppen zusammenstehen und alle von einer Reihe concentrischer Röhren umgeben sind (Fig. 102, vergl. 103, 104, 105); diese bilden die schwarze Fischbeinsubstanz. Eine Gruppe dieser (Fig. 99, b) ist in der grauen Hauptmasse des Fischbeins eingeschlossen (a). Diese besteht ebenfalls aus Platten (Fig. 100 und 101), ebenso wie die schwarze Substanz, liegt aber parallel der Oberfläche. — Nach langer Maceration in Kali löst sich das Ganze in wohl gebildete Zellen auf (Fig. 106). Diese Zellen sind im Fischbein plattgedrückt, zu Plättchen verbunden, die in der schwarzen Substanz um die Markkanälchen herum Röhren bilden. Ausser Zellen, dem getrockneten Inhalt, der Bindesubstanz derselben, etwas Fett und einer schwarzen körnigen Substanz in den Markkanälchen, sieht man im Fischbein nichts [2]).

[1]) *Scheik. Onderz.* Deel II, S. 347.

[2]) Es kommen im Fischbein zwei verschiedene Substanzen vor; die eine hat ein gleichmässig grauliches Ansehen, und kann graue Substanz genannt werden (Fig. 99 a); die andere hat eine dunklere Farbe, und verdient den Namen schwarze Substanz (Fig. 99 b). Letztere zeigt auf einem feinen Längsschnitt unter der Loupe deutlich zu unterscheidende dunkele, parallele Linien, zwischen denen das Gewebe mehr graulicher Farbe ist; man kann sie desshalb auch gestreifte Substanz nennen.

Durch Aether und Alkohol werden aus Fischbein ausgezogen: Stearin, Elain, Phocenin, zwei extractartige Substanzen in sehr kleinen Mengen, Kochsalz und schwefelsaures Kali. In

Das zur Untersuchung benutzte Stück hat eine Dicke von ungefähr zwei Millimetern, und besteht aus einer centralen Platte schwarzer Substanz von ½ M. M., welche zwischen zwei Platten grauer Substanz liegt, deren jede ungefähr ¾ M. M. dick ist. Diese drei Platten kann man also sowohl auf dem Längen- wie auf dem Querschnitt unterscheiden (Fig. 99).

Auf dem Querschnitt zeigt ein dünnes Stückchen der grauen Substanz unter dem Mikroskop eine Menge paralleler, mehr oder weniger abgebrochener Linien, die auf eine plattenförmige Structur hindeuten (Fig. 100). Hieraus ergiebt sich, dass die graue Substanz aus sehr dünnen Plättchen gebildet ist, die der Oberfläche parallel auf einander liegen. Zwischen den Plättchen sieht man sehr kleine, ovale, dunklere Flecken, in ziemlich regelmässigen Entfernungen, die, wenn man die Focaldistanz etwas vergrössert, bald ihr dunkles Ansehen verlieren und desshalb, wie es scheint, für kleine Höhlen gehalten werden müssen a).

Setzt man dicken venedigschen Terpenthin hinzu, dann werden die genannten Flecken anfangs noch dunkler; dünner Terpenthin macht sie sogleich sehr durchsichtig b), wodurch es wahrscheinlich wird, dass sie in der That nichts Anderes sind, als kleine Höhlen.

Auf dem Längsschnitt, dem 2 M. M. dicken Rande entlang, beobachtet man dasselbe; die Höhlen zeigen sich hierbei schmäler und mehr verlängert (Fig. 101).

Auf einem der Oberfläche parallelen Längsschnitte erkennt man die plattenförmige Structur bloss aus den hier und da abgesetzten Plättchen. Wo dieser Durchschnitt der Oberfläche vollkommen parallel genommen ist, kann man die plattenförmige Structur nicht beobachten. Die Plättchen liegen also parallel der Oberfläche.

Die schwarze Substanz zeigt auf dem Querschnitte kleine, meist runde Oeffnungen (Fig. 102, 1) (Fischbeinkanälchen) in regelmässigen Entfernungen, die man oft mit einer dunklen Substanz gefüllt sieht. Um jede dieser Oeffnungen sieht man eine grosse Anzahl concentrischer Schichten, von denen die äussersten aber nicht kreisförmig bleiben, sondern in der Art gegen die benachbarten Kanälchen abgeplattet sind, dass sie die Räume zwischen diesen Kanälchen (die erwähnten runden Oeffnungen) fast ganz einnehmen (Fig. 102, 2). Diese concentrischen Plättchen haben ungefähr eine gleiche Dicke wie die Plättchen der grauen Substanz; zwischen denselben beobachtet man ebenfalls kleine, dunklere Flecken (Fig. 103), die aber noch viel kleiner sind, als bei der grauen Substanz, und sich als runde Pünktchen oder kleine Linien darstellen, die in der grössten Menge in der Nähe der Kanälchen, um welche die Plättchen liegen, angetroffen werden. Terpenthin

100 Th. Fischbein finden sich an diesen in Aether und Alkohol löslichen Susbtanzen 3,85. Durch 24stündiges Kochen in Wasser wird nur 1,88 % einer dem Leim ähnlichen, aber dennoch von

macht sie ebenfalls durchsichtig. Ausserdem sieht man eine sehr grosse Menge feiner Linien, die von jedem Fischbeinkanälchen strahlenförmig ausgehen und sich in allen den umgebenden Plättchen fortzusetzen scheinen.

Auf dem Längsschnitt zeigt die schwarze Substanz dunkle, in ziemlich regelmässigen Entfernungen liegende, ziemlich breite, parallele Vertiefungen, die in der ganzen Länge des Stückchens sichtbar bleiben und nirgendwo durch seitliche Zweige mit einander communiciren (Fig. 104, 1). Diese Kanälchen, die sich in der Längenrichtung durch die ganze Länge des Fischbeins ununterbrochen fortsetzen, scheinen fast ausschliesslich die schwarze Farbe der gestreiften Substanz zu erzeugen. Wir nennen sie Fischbeinkanälchen. Jedes Kanälchen ist mit einer Reihe länglicher Fettzellen gefüllt (Fig. 104, 2 und 105, 4), und zwischen der Wand der Zellen und der Kanälchen befindet sich eine schwarze, feinkörnige Substanz (Fig. 105, 5). Wenn der Durchschnitt der Richtung der Fischbeinkanälchen nicht vollkommen parallel ist, sieht man einzelne derselben abgeschnitten (3).

In einem durch die concentrischen Plättchen eines Fischbeinkanälchens geführten Längsschnitte sieht man bei stärkerer Vergrösserung (Fig. 105), dass diese Plättchen (1) mit denen der grauen Substanz ziemlich übereinstimmen. Zwischen den Plättchen sieht man jetzt auch unregelmässige, verlängerte, dunkle Fleckchen (2), die wohl auch als kleine Höhlen zwischen den Plättchen zu betrachten sind. Da der Durchschnitt nur sehr schwer parallel der Richtung der concentrischen Plättchen geführt werden kann, sieht man Querlinien in dem Praeparat, welche der Reihe nach die Durchschnitte der verschiedenen concentrischen Plättchen andeuten (3).

Reisst man in der Längenrichtung einen Theil der schwarzen Substanz ab, dann macht es sich nicht selten, dass man ein einzelnes Kanälchen, von concentrischen Plättchen umgeben, isolirt erhält.

Ein sehr dünner Querschnitt der grauen Substanz ist nach fünfstündiger Maceration in concentrirtem Kali sehr dunkel geworden, und zeigt die plättchenförmige Structur noch viel deutlicher; auf Zusatz von Wasser wird das Praeparat viel bleicher und die Plättchen weichen in der Art aus einander, dass jetzt das Ganze das Ansehen eines schönen Fasernetzes mit länglichen Maschen hat, das durch Zusatz von mehr Wasser noch mehr aus einander weicht, ohne sich aufzulösen. In unregelmässigen Entfernungen findet man in diesen Maschen grosse ovale Zellen.

Ein sehr dünner Querschnitt der grauen Substanz vom Rande scheint nach fünfstündiger Maceration in concentrirtem Kali ebenfalls aus Fasern zu bestehen, die unter einander verbunden sind und verlängerte Maschen bilden; man sieht in jeder Masche eine verlängerte dunkele Stelle (Höhle).

demselben verschiedenen Substanz ausgezogen. An organischen Bestandtheilen findet man 1,17 % in demselben; sie gaben Chlornatrium, Chlormagnesium, schwefelsauren Kalk, phosphorsauren Kalk, Eisenoxyd, Phosphoreisen, Schwefel eisen und Kieselsäure.

Ein sehr dünner, der breiten Oberfläche parallel geführter Schnitt der grauen Substanz zeigt, nachdem er fünf Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat, nur wenig Veränderung. Auf Zusatz von Wasser bleibt die Masse amorph; hier und da sieht man aber eine Reihe ziemlich grosser, bleicher, mit Kernen versehener, an einander schliessender Zellen. Auch sieht man gekrümmte dunkle Linien, die netzförmig an einander gereiht sind.

Nachdem das Praeparat fünf Stunden, vierundzwanzig Stunden und auch zehn Tage (letzteres aber ohne dass der atmosphärischen Luft der Zutritt verwehrt war) in concentrirtem Kali gelegen hat, weichen die Maschen eines etwas dickeren Querschnitts der grauen Substanz durch Zusatz von Wasser sogleich stark aus einander, und zeigen ein den Merenchymzellen der Pflanzen ähnliches Ansehen (Fig. 106 a). Durch gelinden Druck und Reibung weichen die Zellen leicht auseinander und zeigen sich als ovale Zellen isolirt, die, indem sie sich um ihre grösste Achse wälzen, ihre Gestalt beibehalten, und inwendig namentlich an einer Stelle noch etwas Körniges zeigen, das vielleicht als eine Spur von Kernen zu betrachten ist (Fig. 106 b).

Ein sehr dünner Querschnitt der schwarzen Substanz erhält nach fünfstündiger Maceration in Kali ein dunkleres Ansehen. Die Grenzen der concentrischen Plättchen sind sehr deutlich, sie scheinen hier und da in einander überzugehen. Zwischen den Plättchen sieht man die kleinen dunkleren Flecken. Durch Zusatz von Wasser weichen die Plättchen oft etwas aus einander und zeigen dann ein Netz sehr langer, aber schmaler Maschen.

Ein sehr dünner, der Oberfläche parallel geführter Durchschnitt der schwarzen Substanz zeigt, nachdem er fünf Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat, kaum eine Veränderung. Durch Zusatz von Wasser weichen die concentrischen Plättchen aus einander, und zeigen ebenso wie die graue Substanz ein netzförmiges Ansehen. In dem Markkanälchen sieht man nichts mehr als eine dunkle körnige Substanz.

Ein sehr dünner Querschnitt der schwarzen Substanz zeigt, nachdem er 48 Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat, sehr deutlich die concentrischen Plättchen um das Markkanälchen. Setzt man Wasser hinzu, dann weichen die Plättchen um einige Kanälchen aus einander und erhalten ein netzförmiges Ansehen. Andere Kanälchen isoliren sich mit allen ihren concentrischen Plättchen (Fig. 107). Durch Reibung lösen sich eins oder mehrere der concentrischen Plättchen von aussen her los (Fig. 108), und legen sich auf die breite Fläche, welche Breite die Dicke des Körperchens anzeigt (Fig. 109).

Diese umgelegten Plättchen zeigen keine deutliche Structur; sie sind

Phosphor findet man in demselben nicht, Schwefel aber zu der constanten Menge von 3,6 %.

Durch concentrirte Schwefelsäure wird Fischbein in eine schleimige Substanz verwandelt, die sich grösstentheils in Wasser auflöst. Salpetersäure bildet Xanthoproteinsäure aus demselben. Salzsäure bildet huminsaures Ammoniak; concentrirte Essigsäure macht Fischbein gallertig und löst es endlich auf. Durch Ammoniak praecipitirte *van Kerckhoff* aus der Flüssigkeit Proteinbioxyd $C^{40} H^{62} N^{10} O^{14}$ [1]).

Dieses Proteinbioxyd kann unter diesen Umständen kein Zersetzungsprodukt sein, sondern es muss einen Bestandtheil

sehr bleich und müssen für parallel der Oberfläche gehalten werden, da sie sich in dieser Richtung umgekehrt haben.

Ein dickerer Quer- oder Längsschnitt der schwarzen Substanz zeigt, nach 24stündiger Maceration in Kali, ein dunkles Ansehen. Durch Zusatz von Wasser weicht die Masse aus einander, erhält eine zellige Structur und löst sich durch Reiben gänzlich in Zellen auf, die sich isoliren und von denen der grauen Substanz nicht verschieden sind.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass Fischbein aus dünnen Plättchen besteht, die theilweise der Oberfläche parallel, theilweise concentrisch um ununterbrochene Kanälchen liegen, welche Kanälchen Fettzellen und eine körnige schwarze Substanz enthalten; dass zwischen den Plättchen kleine Höhlen übrig bleiben, die zwischen den concentrischen Plättchen wahrscheinlich durch die erwähnten ausstrahlenden Linien mit den Fischbeinkanälchen communiciren; — dass jedes Plättchen aus einer Menge plattgedrückter Zellen besteht, deren Inhalt durch Kali aufgelöst wird; — dass diese Zellen sodann durch Zusatz von Wasser aufquellen und sich, wenn sie nicht durchgeschnitten sind, isoliren; dass sie aber, wenn sie durchgeschnitten sind — wie bei sehr feinen Durchschnitten der Fall ist — im Zusammenhange bleiben und ein netzförmiges Ansehen zeigen. Die Wand der Zelle widersteht also der Einwirkung des Kali viel länger, als der Inhalt und die Bindesubstanz.

Aus einem chemischen Gesichtspunkt hat man im Fischbein zu unterscheiden: 1. Zellenwände, 2. den Inhalt der Zellen, 3. Bindesubstanz, die beiden letzteren in relativ geringer Menge; 4. Fettzellen, 5. eine schwarze körnige Substanz (*Donders* und *M.*).

[1])

	gef.	At.	ber.
C	53,68	40	53,36
H	7,21	62	6,75
N	14,39	10	15,45
O	24,72	14	24,44. *Scheik. Onderz.* D. II. S. 396.

des Fischbeins darstellen, oder doch auf eine einfache Weise entstehen.

Indem *van Kerckhoff* die so erhaltene Auflösung mit Kali und weiter mit Chlor behandelte, erhielt er die nämliche Chlorverbindung, welche oben erwähnt ist, und unter den dort erwähnten Umständen aus Horn bereitet wurde [1]):

$$C^{40}\,H^{62}\,N^{8}\,O^{17},\,Cl^{2}\,O^{3}.$$

Wenn Chlor längere Zeit auf fein vertheiltes Fischbein einwirkt, so wird ein Chlorid von Proteinbioxyd bereitet von der folgenden Zusammensetzung:

$$C^{160}\,H^{248}\,N^{40}\,O^{65}\,Cl^{6} = 4\,(C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{14}) + 3\,Cl^{2}\,O^{3}\ ^{2)}.$$

Auch dies beweist wieder die Praeëxistenz oder doch die leichte Entstehung von Proteinbioxyd im Fischbein.

Was nun die Zusammensetzung des Fischbeins im Ganzen betrifft, so fand *van Kerckhoff* diese gleich $C^{106}H^{164}N^{28}O^{34}S^{3}$ [3]). Diese Formel stellt: $2\,(C^{40}H^{62}N^{10}O^{14}) + S^{3} + 2\,(C^{13}H^{20}N^{4}O^{5})$ dar.

[1])

	gef.	At.	ber.
C	46,72	40	46,34
H	5,79	62	5,87
N	11,49	8	10,75
O	29,94	20	30,33
Cl	6,06	2	6,71.

[2]) *Scheik. Onderz.* D. II. S. 403.

	gef.	At.	ber.
C	48,11	160	48,63
H	6,03	248	6,15
N		40	14,08
O	.	65	25,85
Cl	5,32	6	5,29.

Diese Chlorverbindung wurde bei 115° getrocknet; bei 100° gab sie $2\,(C^{40}\,H^{63}\,N^{10}\,O^{14}) + 3\,Cl^{2}\,O^{3}$.

[3])

	gef.	At.	ber.
C	51,86	106	51,91
H	6,87	164	6,56
N	15,70	28	15,88
O	21,97	34	21,78
S	3,60	3	3,87.

Wenn wir aber die Vorstellung einer solchen Bindesubstanz aufgeben und uns auf die Zellenwand beschränken, was bei Fischbein mit demselben Rechte zu geschehen scheint, wie bei Horn oder Haaren, und uns dabei an die Eigenschaften des Fischbeins erinnern, dann scheint die folgende Formel uns einen Begriff von dessen Zusammensetzung zu geben: $C^{80}H^{124}N^{20}(O^{26}S^{2})$ [1]), welche Formel ganz mit der von *van Kerckhoff* gefundenen Zusammensetzung des Fischbeins übereinstimmt, und die meisten von ihm aus Fischbein erhaltenen Zersetzungsprodukte erklärt, und der nichts widerspricht von allem dem, was wir bis jetzt vom Fischbein wissen. Sie ist der Ausdruck für:

$$2\,(C^{40}H^{62}N^{10}O^{12}) + O^{2}S^{2}.$$

Haare.

Von den bisher behandelten Geweben sind die Haare wirklich verschieden, und sie verdienen deshalb näher unsere Aufmerksamkeit.

In einer Vertiefung der Haut, in welcher sich ein gefässreiches Gewebe findet, wird ein Cytoblastem, das die Zellenform annehmen kann, abgesondert. Die Zellen, die sich jedesmal, und zwar von unten her erneuern, drängen die schon gebildeten in die Höhe, und bringen diese allmälig durch eine Oeffnung oberhalb der Oberfläche der Oberhaut und verlängern fortwährend diesen hervorragenden Theil.

Die Zellenreihen, die in der Haarwurzel deutlicher sind, sind dies im Haar bei vielen Thieren nicht. Das ganze Haar ist mit einem Epithelium bedeckt, das sich durch Schwefelsäure

1)

	At.	ber.
C	80	52,43
H	124	6,64
N	20	15,19
O	26	22,29
S	2	3,45.

von der Oberfläche in Platten ablöst (Fig. 111). Dieses aus an einander gereihten plattgedrückten Zellen bestehende Epithelium bildet an den Vereinigungsstellen dieser Zellen die auf dem Haare wohl zu unterscheidenden gekrümmten Querlinien. Die hierauf folgenden Zellenreihen, welche die Hauptmasse des Haars ausmachen, bilden kleine flache Plättchen (Fig. 112 c) oder Faserchen (b), die, mit einander verbunden, Bündel (a) bilden, während von den in der Achse gelegenen Zellen meistens Spuren von Zellen übrig bleiben (Fig. 113). Die aus kleinen Plättchen oder Fasern bestehende Haarsubstanz, welche die Masse des Haars bildet, nennt man Rindensubstanz des Haars, die innere Marksubstanz, welche Namen besser durch Haargewebe und Mark vertreten würden, weil das erstere die Hauptmasse des Haars darstellt. Letzteres fehlt manchmal, oder geht nicht durch das ganze Haar hindurch, und wird unterbrochen. Die äusserste oder die Hauptsubstanz des Haars besteht aus parallelen Bündeln, die theilweise über einander gelagert sind. Legt man ein Haar in concentrirte Schwefelsäure, so löst sich das Epithelium durch gelinde Reibung ab (Fig. 111), und die Bindesubstanz, welche die Fasern zusammenhält, wird aufgelöst; die Fasern weichen in Bündeln aus einander, und das Haar bekommt eine rohe Oberfläche. Diese Bündel vertheilen sich durch Reiben in dünnere und kleinere Fäserchen oder Plättchen, die keinen Zweifel mehr übrig lassen, dass sie kleine, zusammengedrückte und ausgedehnte Zellen sind. Es ist aber nicht gelungen, sie zu guten Zellen aufquellen zu lassen.

Die Primitivfasern des Haars sind nach der Ansicht *van Laer's*, die ich früher mit ihm theilte, eine Schwefelproteinverbindung, und zwar C^{40} H^{62} N^{10} O^{12} S^{2}. Es kommt also 5 % Schwefel in denselben vor.

Die angenommene Bindesubstanz dieser Fasern lässt sich nicht isolirt darstellen; sie würde sich durch alle als Scheidemittel in Anwendung kommende Substanzen zersetzen. Wahrscheinlich ist die Marksubstanz, welche die Achse des Haars einnimmt, in der Zusammensetzung die nämliche wie die der

Primitivfasern. Die Marksubstanz besteht ja aus unveränderten Haarzellen, während die aus metamorphosirten Zellen entstehenden Haarfasern keine andere Zusammensetzung besitzen werden [1]).

[1]) Haare (schwarze Kopfhaare) sind nach dreistündiger Maceration in Kali mit $1/4$ Wasser dunkel, es lässt sich nichts unterscheiden. Durch Zusatz von Wasser wird das Haar durchsichtig und man sieht an den Seiten sehr durchsichtige Ränder, an einzelnen Stellen blasige Anschwellungen, deren körniger Inhalt ausfliesst und aufgelöst wird. Die Haarfasern sind hier und da mit verlängerten dunklen Linien untermischt. Die blasigen Anschwellungen sind nicht an allen Haaren sichtbar; wo sie es sind, sieht man sie so begrenzt, dass man sie für mit grossen Körnern angefüllte Zellen halten würde. Der Rand des Haars zeigt sich, wenn man Wasser zusetzt, deutlicher vom unten liegenden sehr aufgequollenen Gewebe verschieden, und scheint aus einigen über einander liegenden Schichten zu bestehen. Hier und da lösen sich Plättchen von der Oberfläche ab, in der Richtung von der Basis gegen die Spitze des Haars, nach aussen hervorragend, nach unten befestigt (Fig. 110, 1).

In concentrirtem Kali (4 St.) sind sie dunkel und nicht aufgequollen. Durch Zusatz von Wasser quellen die Haare stark auf, und das Epithelium wird sehr hell und durchsichtig.

Barthaare, die wie die vorigen 4 St. in concentrirtem Kali gelegen haben. Durch Zusatz von Wasser quillt alles stark auf, das Epithelium platzt, der Inhalt löst sich auf, und auf raschen Zusatz von Schwefelsäure zeigt sich das übriggebliebene Epithelium sehr deutlich. Dieses aus einer Proteinverbindung bestehende Epithelium ist von der Epidermis darin verschieden, dass die Plättchen nicht zu Zellen aufquellen.

Barthaare, die $2\frac{1}{2}$ St. in concentrirter Schwefelsäure gelegen haben, sind durch das hervorragende Epithelium rauh; es löst sich durch Reibung in grossen Lamellen ab, auf welchen man die Querlinien des Haars deutlich sieht (Fig. 111, a); durch verstärkte Reibung isoliren sich die einzelnen Epitheliumplättchen (b). Durch Druck löst sich das ganze Epithelium in grossen Lamellen ab, und die unterliegende Haarsubstanz (secundaire Haarbündel, Fig. 112, a) vertheilt sich in feine Fäserchen (b) oder Plättchen (c), die unter der Einwirkung der Schwefelsäure etwas aufgequollen sind.

24 St. in concentrirtem Kali macerirte schwarze Kopfhaare zeigen sich stark aufgequollen und sehr weich. Durch Zusatz von Wasser schwimmt das Epithelium und das eigene Gewebe der Haare fort, und es wird grösstentheils aufgelöst, ohne die Zellenform anzunehmen, während das Mark isolirt übrig bleibt, sich bei durchsichtigem Licht dunkel zeigt, mit einer mehr oder weniger deutlichen zelligen Structur (Fig. 113, a). Schwarze Barthaare zei-

Analysirte Haare gaben *van Laer* die Formel:

$C^{53} H^{82} N^{16} O^{17} S^{2}$ [1]).

Wenn wir davon die Schwefelproteinverbindung abziehen, dann bleibt $C^{43} H^{20} N^{6} O^{5}$ für die angenommene Bindesubstanz, die an die Verhältnisse der leimgebenden Substanz erinnert.

Diese Ansichten — ich wiederhole es — habe ich früher mit *van Laer* getheilt. Seitdem aber die anderen Horngewebe untersucht sind und meine Kenntnisse sich darüber erweitert haben, glaube ich, dass diese Zusammensetzung für die Haare nicht vertheidigt werden kann. Erstlich zeigt sich bei den chemischen Reactionen niemals etwas von jener Bindesubstanz; zweitens giebt die mikroskopische Untersuchung der Haare kei-

gen, nachdem sie 24 Stunden in Kali gelegen haben, durchaus dasselbe (Fig. 113, b).

In der Haut eines erwachsenen Foetus findet man stets zwei Haarbälge neben einander (lanugo); die aus ihnen hervortretenden Haare verlaufen parallel, kreuzen sich darauf, und treten nahe beisammen durch die Oberhaut (*Donders* und *M.*).

[1]) *Van Laer* in *Scheik. Onderz.* D. I. S. 177.

	gef.	At.	ber.
C	50,65	53	50,12
H	6,36	82	6,33
N	17,14	16	17,52
O	20,85	17	21,03
S	5,00	2	4,99,

$= C^{40} H^{62} N^{10} O^{12} S^{2} + C^{13} H^{20} N^{6} O^{5}$.

Die Analysen von *Scherer* haben für C und N ungefähr dieselben Resultate gegeben (Ann. d. Ch. und Pharm. 1841, Oct. S. 55).

	I	II	III
C	51,53	50,65	50,62
H	6,69	6,77	6,61
N	17,94		
OS	23,84		

Bei dieser Zusammensetzung muss indess noch 0,53 % Phosphor in Rechnung gebracht werden, so dass die Formel für Haare 12 ($C^{53} H^{82} N^{16} O^{17} S^{2}$) + P^{2} ist, verbunden mit schwefelsaurem und phosphorsaurem Kalk, Eisenoxyd, Chlornatrium, schwefelsaurer Magnesia, und mit in Alkohol und Aether löslichen Substanzen, Margarin, Margarinsäure, Elain, milchsaurem Ammoniak.

nen Beweis für die Gegenwart einer wägbaren Menge jener Bindesubstanz; drittens stimmen die Eigenschaften der Haare nicht zu der Gegenwart irgend einer Bindesubstanz, z. B. diese nicht, dass concentrirte Essigsäure die Haare nicht angreift, während alle andere Haargewebe durch dieselbe angegriffen, viele sogar ganz aufgelöst werden. Endlich lässt sich Alles, was zu den Haaren gehört, auf eine viel einfachere Weise darstellen; wenn wir nämlich die Zusammensetzung ausdrücken durch $2\,(C^{40}\,H^{62}\,N^{12}\,O^{12})\,S^3$, welche Formel Proteinbi- und trioxyd ausdrückt, in welcher O durch N^2 und S vertreten wird, und also

$$C^{80}\,H^{124}\,N^{20}\,\underline{(O^{24}\,N^4\,S^3)}\ (^1)$$
$$O^{29}$$
$$= C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{14} + C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{15}$$
$$= 2\,(C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,(O^{12}\,N^2\,S))\,S.$$

Es ist nöthig, diese Vorstellungsweise, die man gewiss nicht als bewiesen, aber für jetzt als wahrscheinlicher, als irgend eine andere betrachten kann, zu rechtfertigen.

Zunächst möge angeführt werden, dass Protein ein Aequivalent Stickstoff verlieren und dafür Sauerstoff aufnehmen kann. Wir kennen nämlich eine Verbindung, in welcher N^8 anstatt N^{10} gefunden wird.

Einen der besten Beweise für die gegebene Vorstellung liefert die Reaction der Haare mit Chlor. Die Haare behalten dabei gänzlich ihre Form und nehmen wenig in Gewicht ab; sie werden nur spröde. Diese Reaction ist ganz verschieden von der, welche Horn und Fischbein mit Chlor geben.

Führt man Chlor lange durch Wasser, in welchem Haare

[1]) Diese Formel drückt vollständig die für die Haare gefundene Zusammensetzung aus:

	At.	ber.
C	80	50,92
H	124	6,45
N	24	17,63
O	24	19,99
S	3	5,00.

vertheilt sind, so erhält man Proteinchlorid[1]). Dieses Proteinchlorid durch Ammoniak zersetzt und den Salmiak durch Alkohol ausgezogen, gab Proteintrioxyd, aber wasserfrei[2]).

Dieses durch Behandlung der Haare mit Chlor entstandene Proteinchlorid kann als das einzige Hauptprodukt dieser Reaction betrachtet werden. Die Haare werden dadurch zwar spröde, behalten aber ihre Form ganz bei. Es ist also in Haaren eine Proteinverbindung enthalten, die unter der Einwirkung von Chlor N^4 und S^3 verliert, und statt dieser eine Verbindung von 2 ($Cl^2\,O^3$) mit 2 Pr. erzeugt. Diese Veränderung geschieht nicht nur mit Beibehaltung der Form der Haarfasern, sondern auch der ganzen Haare. Diese Veränderung lässt sich leicht nachweisen. N^4 verbinden sich mit H^{12}, während Cl^4 mit O^6 verbunden werden. Unter Zersetzung von 6 $H^2\,O$ wird also durch Chlor aus Haaren Ammoniak und das genannte Chlorid gebildet, während Schwefel ausgeschieden wird.

Wenn man Haare in verdünnter Kalilauge auflöst und mit etwas Essigsäure vermischt, fällt man etwas Protein, aber so wenig, dass es nicht als wesentlicher Bestandtheil der Haare betrachtet werden kann. Entfernt man dieses Protein und setzt man überflüssige Essigsäure hinzu, dann erhält man ein Praecipitat von Proteinbioxyd $C^{40}\,H^{62}\,N^{10}\,O^{14}$. Der Sauerstoff des

1) *Van Laer* in Scheik. Onderz. D. I. S. 160.

	I	II	III	IV	At.	ber.
C	49,02	49,67	48,15	48,07	40	48,76
H	6,08	6,08	5,94	5,93	62	6,16
N	14,09				10	14,11
O	18,09				12	19,13
$Cl^2\,O^3$	12,61			12,62	1	11,84.

I und II von Menschenhaaren, III und IV von schwarzen Pferdehaaren.

2) *Van Laer* in Scheik. Onderz. D. I. S. 161.

	gef.	At.	ber.
C	52,35	40	52,44
H	6,67	62	6,64
N	15,07	10	15,19
O	25,91	15	25,73.

Kali vertauscht sich mit dem Schwefel der Haare, und für jedes Aequivalent K O kann ein Aequivalent K S gebildet werden, das O in Freiheit setzt, um Proteinoxyd zu bilden. Auch dies erklärt sich durch die von Haaren gegebene Vorstellung, nur giebt sie nicht an, was aus N^4 wird. Werden diese unter Wasserzersetzung in Ammoniak verwandelt — das wirklich bei jener Zersetzung frei wird — so ist überschüssiger Sauerstoff da, weil die hierzu erforderlichen H^{12} O^6 frei machen; da nun S^3 aus 3 K O O^3 austreibt und nur O^4 nöthig ist, um alles Protein in Proteinbioxyd zu verwandeln, so bleibt eine Quantität von O^5 übrig, die nicht erklärt ist und näher erforscht werden muss.

Was nun schliesslich die Proteinverbindung betrifft, die anstatt N^{10} N^8 enthält: so erleidet das aus derselben erhaltene Proteinbioxyd, das als solches im Horn vorzukommen scheint und leicht aus Fischbein entsteht, unter der Einwirkung von Chlor eine wichtige Veränderung. Wenn man aus einer Auflösung von Haaren in Kali durch etwas Essigsäure Protein fällt und Chlor durch die Flüssigkeit leitet, welche Proteinbioxyd gelöst enthält, so erhält man ein Praecipitat, das aus $C^{40}\, H^{62}\, N^8\, O^{17} + Cl^2\, O^3$ (¹) besteht. Diese Substanz enthält also ausser chlorichter Säure O^5 mehr und N^2 weniger als Protein. Sie entsteht auf die folgende Weise aus Proteinbioxyd unter Wasserzersetzung und Ammoniakbildung:

$$C^{40}\, H^{62}\, N^{10}\, O^{14} + H^6\, O^3 = C^{40}\, H^{62}\, N^8\, O^{17} + N^2\, H^6.$$

Die erste Substanz verbindet sich mit $Cl^2\, O^3$, während $N^2\, H^6$ mit $Cl^2\, H^2$, die sich in der Flüssigkeit findet, $N^2\, H^8\, Cl^2$ bildet.

¹) *Van Laer* in Scheik. Onderz. D. I. S. 171.

	I	II	At.	ber.
C	46,16	45,83	40	46,34
H	5,74	5,85	62	5,87
N		11,25	8	10,75
O		24,30	17	25,78
$Cl^2\, O^3$	11,89	12,77	1	11,26.

Wenn diese Substanz gleich ein Kunstprodukt ist, so ist sie doch wichtig für die Kenntniss des Proteins, weil sie die Möglichkeit anzeigt, dass Protein mehr Sauerstoff absorbirt und Stickstoff verliert. Da nun das Protein des Organismus grade dadurch, dass es Sauerstoff absorbirt, aus dem Thierkörper verschwinden kann, so ist es möglich, dass die letztere Substanz (natürlich frei von chlorichter Säure) in krankhaften Produkten vorkommt.

Durch verdünnte Schwefelsäure werden Haare bei der Siedhitze in huminsaures Ammoniak verwandelt, und beim Kochen wird Ameisensäure frei, — eine Veränderung, die oben (S. 56) durch Fäulniss vom Protein erwähnt wurde. Durch Salzsäure werden Haare in huminsaures Ammoniak und Salmiak verwandelt, durch Salpetersäure in Xanthoproteinsäure. Haare widerstehen der Einwirkung von concentrirter kochender Essigsäure, wodurch ein wichtiger Unterschied gegen andere Proteinverbindungen entsteht, z. B. gegen Fibrin, Albumin, Casein, aber auch gegen Fischbein, Horn und Oberhaut.

Der Einwirkung kochenden Wassers widerstehen Haare selbst im Papinianischen Topf lange, und geben unter anderen noch nicht gut bekannten Zersetzungsprodukten auch ein rothes Extract.

Die rothe Farbe der Haare hängt, wie es scheint, von keiner materiellen Verschiedenheit ab.

Durch kleine Beimengungen unterscheiden sich die Haare verschiedener Thiere von einander (Wolle u. s. w.).

Wenn wir nun also eine so grosse Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Oberhaut, der Nägel und der Haare finden, und dagegen so wichtige Verschiedenheiten in ihren Eigenschaften antreffen, wie die, dass die letzteren in concentrirter Essigsäure fast nicht aufgelöst werden, während die ersteren darin sich leicht auflösen: so erfordert dies noch eine nähere Betrachtung. Von Horn und Fischbein ist ihre Zusammensetzung wesentlich verschieden. Um dies zu zeigen, will

ich hier von jedem dieser Körper eine Analyse verzeichnen [1]).

Daraus geht deutlich hervor, dass *Scherer* mit Unrecht geschlossen hat, dass sie identisch seien.

Nach dem früher Mitgetheilten glaube ich, dass Grund vorhanden ist, für jetzt die folgenden Formeln festzusetzen:

Für Fischbein $C^{80} H^{124} N^{20} O^{26} S^2$.

Für Haare $2 (C^{40} H^{62} N^{10} (O^{12} N^2 S)) S$.

Für Horn $2 (C^{40} H^{62} N^{10} O^{14} S) + N^2 H^4$.

Für Nägel von Kühen und Pferden

$$C^{40} H^{62} N^{10} (O^{12} N^4) + 2 (C^{40} H^{62} N^{10} (O^{12} S^2)).$$

Es bedarf wohl keines Beweises, dass es unmöglich ist, jetzt zu bestimmen, in welcher Weise die Schwefelatome geordnet sind, und dass ich diese Vorstellungsweise gern jeder anderen, die besser ist, opfere. Für jetzt glaube ich, dass sie ungezwungen erklärt, was sie erklären muss. Unsere Kenntniss von diesen Körpern ist noch in der Kindheit begriffen. Wer diese Vorstellung so auffasste, als wenn ich Protein für ein Radikal hielt, dem würde es zum Vorwurf gereichen, dass ich auf die complexe Natur des Proteins oft verwiesen habe und jetzt von Neuem verweise (S. 322). Eine der vielen Substanzen, welche diese Gruppe bilden, vertauscht nach meiner Ansicht ihre Bestandtheile, und nimmt O, oder S, oder N^2 auf, nicht die ganze Gruppe. So schreiben wir Benzoësäure $C^{14} H^{10} O^2 + O$, es wäre aber wider alle Regeln der Chemie, sich diese Verbindung so zu denken.

Diesen Schluss dürfen wir noch aus dem Behandelten ableiten, dass in allen diesen aus unveränderten Zellen bestehenden Geweben Proteinbioxyd als solches oder als Prototyp gefunden

1)

	Pferdenägel.	Oberhaut.	Horn.	Fischbein.	Haare.
C	51,41	50,28	51,03	51,86	50,65
H	6,96	6,76	6,80	6,87	6,36
N	17,46	17,21	16,24	15,70	17,14
O	19,94	25,01	22,51	21,97	20,85
S	4,23	0,74	3,42	3,60	5,00.

wird, wodurch sich bestätigt, was oben von der ursprünglichen thierischen Membran gesagt worden ist.

Wenn die Horngewebe wirklich nach der obigen Angabe zusammengesetzt sind, dann bedarf ihre Entstehung nach dem oben über die Gegenwart von Proteinbioxyden im Blut Gesagten keiner näheren Erklärung.

Der Ursprung des Schwefels in diesen Geweben ist leicht zu erklären. Er gelangt mit dem Phosphor als Bestandtheil der bei pflanzlicher und thierischer Nahrung genossener Proteinverbindungen in den Körper. Da nun bei jedem Athemzuge von den Schwefel-Phosphor-Proteinverbindungen verbraucht werden und Proteinoxyd u. s. w. gebildet wird, so muss zugleich Phosphorsäure entstehen, die sich mit einem vorhandenen Alkali zu einem alkalischen Phosphat verbindet, das durch den Harn entleert wird, und es muss zugleich Schwefel frei werden. Von dem Schwefel, der jedesmal mit dem Protein als Nahrung eingeführt wird, lässt sich also der Schwefel dieser Gewebe unmittelbar ableiten.

Dieser Schwefel scheint ebenso wie der Stickstoff Sauerstoff in der Proteinverbindung vertreten zu können, in einigen sich aber wirklich als Schwefelammonium zu befinden, so dass dieses Salz, an der Luft verdunstet, dem Gewebe einen eigenthümlichen Geruch ertheilt, und auf Metallsalze ebenso wie Schwefelammonium reagirt.

Schildkrötenpanzer.

Dieses merkwürdige Gewebe, welches man ein Epithelium der Schilder der Schildkröten nennen könnte, schliesst sich vollständig an die bisher behandelten Gewebe. Es besteht aus platt über einander gelagerten, zusammengedrängten Zellen (Fig. 114 und 115), die aber nur sehr schwer die zellige Form annehmen können, welche sie bei ihrer Entwicklung hatten. Von diesen plattgedrückten Zellen sind einige zu einem Plättchen verbun-

den, und solche Plättchen sind in grosser Anzahl auf einander gehäuft [1]).

Als Ganzes analysirt, hat die Substanz des Schildkröten-

[1]) Schildkrötenpanzer zeigt auf einem der Oberfläche parallel geführten Schnitt krumme, unregelmässig verlaufende Linien. Auf dem Querschnitt sieht man einige über einander gelagerte Lamellen, in welchen eine Menge dunkler krummer Linien sind; die Lamellen weichen durch Druck aus einander, und in jeder sieht man Spuren grader Linien, so dass sie noch aus dünneren Plättchen zu bestehen scheinen. Auf dem Längenschnitt sieht man die dickeren Lamellen ebenfalls.

In einem der Oberfläche parallel genommenen Durchschnitt, der sechs Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat, zeigen sich hier und da längliche runde Umrisse und lange dunkle Streifen, durch Wasser wird das Präparat nicht merklich verändert. Die Stückchen sind noch hart, und eine sechsstündige Maceration in Kali reicht also für dieses Gewebe noch nicht hin.

Auf einem 6 Stunden in Kali macerirten Durchschnitt sieht man nichts Besonderes. Durch Zusatz von Wasser wird er klarer und die Linien viel deutlicher; sie stehen dicht beisammen, sind in kurzen Entfernungen unterbrochen und mit einander verwebt. Am Rande der Stückchen lösen sich kleine Plättchen ab, die sehr durchsichtig sind und ihr eckiges Ansehen immer mehr verlieren. Auf der Oberfläche eines Stüchchens zeigen sich die Linien wie Maschen, ebenso wie bei Fischbein u. s. w.

In einem der Oberfläche parallel geführten Schnitt sind, nachdem das Präparat 6 Stunden in concentrirter Schwefelsäure gelegen hat, die Stückchen sehr gallertig aufgequollen und durchsichtig geworden, mit scharf begrenzten, weit von einander entfernten krummen Linien. Durch Reiben lösen sich schwierig Stückchen ab. Auf Zusatz von Wasser verändert es sich wenig.

Ein feiner Querschnitt vom Schildkrötenpanzer, der 24 Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat, nimmt nach Zusatz von Wasser eine zellige Structur an; die Zellen sind oval, noch etwas eckig, theilweise über einander liegend, isoliren sich nicht und zeigen hierdurch das Ansehen eines Netzes mit länglichen Maschen (Fig. 114).

Wenn das Präparat zweimal 24 Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat, zeigen sich auf Zusatz von Wasser schöne, kugelförmige Zellen (Fig. 115), von hellbrauner Farbe, ohne Kerne, aber mit einem etwas körnigen Inhalt, der durch weitere Einwirkung von Wasser nicht ganz verschwindet. Die Zellen isoliren sich jetzt, und zwischen denselben zeigt sich eine geringe Menge körniger Substanz.

Nachdem die Substanz sechs Monate in concentrirter Schwefelsäure gelegen hat, zeigt sie sich wie nach 24stündiger Maceration in Kali. Die Zellen sind noch nicht isolirt, sondern sie hängen noch zusammen, wie sehr

panzers bei einem Aschengehalt von ½ % die folgende Zusammensetzung gegeben [1]).

Mit Essigsäure gekocht, wird die Substanz gallertig, und giebt, mit Wasser verdünnt und filtrirt, eine Auflösung, aus welcher durch kohlensaures Ammoniak ein reichlicher flockiger Niederschlag entsteht. Aus einer gesättigten essigsauren Auflösung, die warm filtrirt wird, setzt sich beim Erkalten ein weisses Praecipitat zu Boden, das die Flüssigkeit milchicht lässt. Die klare, saure, Essigsäure haltende Flüssigkeit giebt mit basisch-essigsaurem Blei ein reichliches weisses Praecipitat.

Es bleibt nach der Behandlung mit kochender concentrirter Essigsäure eine grosse Menge ungelöst.

In Kalilauge wird die Substanz aufgelöst, und die Auflösung giebt mit etwas Essigsäure ein weisses Praecipitat, das ebenso wie das zweite Praecipitat stark am Glase klebt und fest zusammenklebt, als wenn es eine harzige Substanz wäre; durch mehr Essigsäure wird die Menge des Praecipitats nicht vermehrt.

Die chemische Structur der Substanz des Schildkrötenpanzers ist weiter nicht erforscht. Es geht indess hieraus hervor, dass sie von allen anderen Horngeweben verschieden ist.

Leimgebendes Gewebe.

So wie eine Grundsubstanz in den Pflanzen vorkommt, die sowohl die Zellen, wie die aus Zellen gebildeten Theile zu-

sie auch aufgequollen sein mögen. Zwischen den aufgequollenen Zellen sieht man ununterbrochene Kanälchen mit einem bräunlichen Inhalt.

Nachdem die Substanz 6 Monate in Salpetersäure gelegen hat, ist fast Alles aufgelöst; es sind nur einzelne structurlose Stückchen übrig geblieben (*Donders* und *M.*).

[1]) Mit Aether und Alkohol ausgezogen, bei 130° getrocknet:

C	54,89	54,75
H	6,56	6,63
N	16,77	16,46
O	19,56	
S	2,22	

Scheik. Onderz. D. III.

sammensetzt (die Cellulose), so findet sich eine allgemeine Substanz im thierischen Körper, die wir früher unter dem Namen leimgebende Substanz unterschieden haben (S. 332). Dass sie aber nicht die Substanz ist, aus welchen die ursprünglichen Zellen in den Thieren gebildet werden, so wie aus der Cellulose bei den Pflanzen, haben wir früher bemerkt (S. 333).

Aus einem histologischen Gesichtspunkte kann man aber keineswegs die Organtheile, die beim Kochen Leim geben, zusammenstellen. Die leimgebende Substanz nimmt in den Thieren, ebenso wie die Cellulose in den Pflanzen, verschiedene Formen an, und verbindet sich mit andern Substanzen zu ganz eigenen Geweben.

Als Hauptbestandtheil des Organismus treffen wir ein Gewebe an, das hauptsächlich aus leimgebender Substanz zusammengesetzt ist und Bindegewebe (früher Zellgewebe) genannt wird, das fast in allen Organen die zusammensetzenden Theile mit einander verbindet. Es besteht aber, wenn es gut entwickelt ist, nicht aus Zellen, eben so wenig wie die Spiralfasern in den Pflanzen Zellen genannt werden können (vgl. S. 104). Es besteht aus fadenförmigen Cylinderchen, die wellenförmig verlaufen (Fig. 116 und 124), meistens durch eine amorphe oder körnige Bindesubstanz zu Bündelchen verbunden sind, die von neuem unter einander zu grösseren Bündeln oder Häutchen verbunden sind, wobei die Fäden dann entweder, wie in der Haut und dem sogenannten Zellgewebe, das unter der Haut liegt, in allen möglichen Richtungen verfilzt, oder, wie in den Sehnen und in vielen serösen und fibrösen Häuten, unter einander parallel liegen. Durch Essigsäure werden die Fäden durchsichtig und gallertig (Fig. 121, 1); bei einigen sieht man nach der Behandlung mit Essigsäure in vielen, meist spiralförmigen, bisweilen in vollkommen kreisförmigen Richtungen um die erstern andere Fäden gewickelt, und zwischen den Fäden des Bindegewebes, einige andere, oft zu diesen parallele (Fig. 121, 2), die ebenfalls in Essigsäure nicht gallertig werden, und

von den umwickelnden Fäden nicht verschieden zu sein scheinen. Diese verhalten sich gänzlich wie elastisches Gewebe.

Die Zusammensetzung des leimgebenden Gewebes ist schon aus diesem Grunde nicht einfach, und mit der des Leims unmöglich ganz identisch.

Wenn *Scherer* also bei Elementaranalysen von Sehnen u. s. w. dieselben Resultate erhalten hat, die mir die Analyse von Leim gegeben hat (S. 335), so lehrt dies die Grenzen der Genauigkeit der Elementaranalysen kennen. *Scherer* hat ein Gemenge von Bindegewebe, mit etwas elastischem Gewebe durchmischt, untersucht [1]). In dem lockeren Zellgewebe, welches die secundairen Sehnenbündel verbindet, kommen ausserdem Gefässe und Fettgewebe vor, von welchem die Zellwände zurückgeblieben sind.

Die eigentliche Zusammensetzung des Bindegewebes, so wie es im Organismus vorkommt, ist deshalb schwer zu erforschen, weil es kein Gewebe giebt, aus welchem man es vollkommen rein gewinnen kann. Man hat aber allen Grund, für dasselbe die nämliche Formel festzusetzen wie für Leim, nämlich: $C^{13} H^{20} N^{4} O^{5}$.

Die Eigenschaften desselben sind, wenn man die Unlöslichkeit in kaltem Wasser ausnimmt, und dass es durch Kochen ganz in Leim verwandelt wird, von denen des Leims nicht verschieden.

[1]) Nach Analysen von *Winkler* (Scheik. Onderz. D. III.) geben die Sehnen einer Kuh, mit kaltem Wasser ausgezogen und mit Alkohol und Aether ausgekocht:

C	49,68
H	6,64
N	17,94
O	25,74,

was ungefähr die Zusammensetzung des Leims ist. Die Zahl der elastischen Fäden in Sehnen ist gering, aber sie sind dennoch in denselben vorhanden. Auf jeden Fall geht daraus hervor, dass *Scherer* zu viel Wasserstoff gefunden hat, und dass seine Behauptung in *Canstatt's* Jahresbericht nicht richtig ist. (Siehe weiter über leimgebende Substanz, was oben S. 333 mitgetheilt wurde.)

Man unterscheidet dieses leimgebende Gewebe in formloses und geformtes.

Das formlose besteht aus netzförmig vereinigten Bündeln, oder es stellt dünne Plättchen dar, die durch grosse Oeffnungen mit einander verbundene Höhlen bilden. Dieses verbindet Haut und Muskeln, vereinigt die secundairen Muskelbündel, Nerven- und Sehnenbündel und die Läppchen der Drüsen unter einander; es ist dasjenige, welches wir soeben mit dem Namen Bindegewebe bezeichnet haben. In diesem liegen die Fettzellen eingeschlossen.

Das geformte besteht aus zwei Arten, dem contractilen und dem nicht contractilen; zu ersterem gehören die Haut, namentlich die des Scrotums, die Corpora cavernosa, die Längsfaser- und Ringfaserhaut der Venen und Lymphgefässe. Sie enthalten nebst Bindegewebefasern eine grössere Menge von Fasern elastischen Gewebes, als in dem nicht contractilen vorkommen. Zu letzterem gehören die Sehnen, die aus parallelen Bündeln bestehen, die durch ein loseres Gewebe von denselben Eigenschaften unter einander verbunden sind; die ebenso gebildeten Bänder, zu welchen aber nicht die elastischen oder die Zwischenwirbelbänder gehören, die Zwischengelenkknorpel (?), die fibrösen Häute wie die Sclerotica die Hülle der Nieren, der Ovarien, der Milz u. s. w., die dura mater, die Membrana tympani, die Klappen der Venen, Lymphgefässe und des Herzens, das Neurilem, die Fascien der Muskeln, das Periosteum und das Perichondrium; weiter die Tunica nervea der Gedärme u. s. w., die serösen Häute, die pia mater, die Chorioidea. Die mit diesen letztern vermischte Menge elastischen Gewebes ist relativ viel geringer. Nirgendwo aber scheint es zu fehlen [1]).

[1]) Lockeres Zellgewebe zwischen den Oberschenkelmuskeln eines Erwachsenen. Parallele, geschlängelte, sehr lange, feine, zu Bündeln vereinigte Fasern (Fig. 116). Durch Essigsäure quellen sie sehr stark auf, und werden sehr blass, selbst unsichtbar; hier und da wechseln sie ab mit sehr langen elastischen Fasern, die in allen möglichen Richtungen, bisweilen ganz grade verlaufen. Ein einzelnes Bündel Bindegewebe

Alle diese Arten des Binde- oder leimgebenden Gewebes entstehen aus mit einem Kern versehenen Bläschen, in welchen ein oder zwei Kernkörperchen zu beobachten sind. Die daraus

zeigt drei an einander grenzende kugelförmige Theile, die durch verengte Stellen zusammenhängen. Hier sind also drei Reife von elastischem Gewebe um das Bündel gewickelt.

Nach 4stündiger Maceration in concentrirtem Kali sind sie nicht verändert; hier und da sieht man eine Faser mit körnigen Anschwellungen. Durch Zusatz von Wasser wird Alles aufgelöst, ausser einigen langen, dünnen, gebogenen, elastischen Fasern (Fig. 117).

Lockeres Zellgewebe unter der Fascia lata des Oberschenkels, nach 5stündiger Maceration in Kali. Ovale, von einem dicken Rande rings umgebene Oeffnungen. In den Rändern lassen sich einige Fasern unterscheiden, während in den ovalen Höhlen ein körniger Inhalt gefunden wird (Fig. 118). Auf Zusatz von Wasser verschwinden die ovalen Oeffnungen, darauf das ganze Gewebe, nur bleiben nach der Auflösung lange, dünne, durchsichtige, aufgerollte elastische Fasern übrig.

Das Ligamentum laterale externum des Unterkiefergelenks zeigt sich, nachdem es sechs Stunden in Kali gelegen hat, wie das obengenannte Bindegewebe unter der Fascia. Wenn man Wasser zusetzt, zeigen sich wieder elastische Fasern.

Haut vom Oberschenkel eines Erwachsenen; 4stündige Maceration in verdünnter Essigsäure. Unter dem kernhaltenden Theile der Oberhaut sind die Fasern des Bindegewebes aufgequollen und sehr durchsichtig geworden. Man sieht feine, geschlängelte, kurze, elastische Fasern, die in grösserer Entfernung von der Oberfläche immer stärker und länger werden (Fig. 119). Sie bilden dort durch vielfache Verästelung und Schlängelung ein Netz, dessen Maschen ganz durchsichtig sind und von dem aufgequollenen Bindegewebe ausgefüllt werden. Die Fasern werden in der Tiefe grösser, stärker, sparsamer, und bilden grössere Zwischenräume, in welchen Fettgewebe liegt. Hierin liegen die Schweissdrüsen, deren spiralförmige Ausführungsgänge die Haut durchsetzen, die Talgdrüsen und die Haarbälge.

Nachdem sie 50 St in Kali gelegen haben, bleiben, nachdem man Wasser zugesetzt hat, sehr viele elastische Fasern übrig, die breiter sind als die in Sehnen und anderswo gesehenen, und in ihrer eigenthümlichen Weise aufgerollt und verästelt.

Haut eines Foetus, nach 7stündiger Maceration in concentrirtem Kali. Es lässt sich nichts unterscheiden. Wenn man Wasser zusetzt, bleiben netzförmig verbundene elastische Fasern an einem Theil vom Rande des Praeparats übrig. In der Mitte des Praeparats sieht man ebenso wie im Zellgewebe unter der Fascia rundliche, durch einen dicken Rand begrenzte Oeffnungen, in welchen sich ein dunkler Inhalt findet, der sich nach einiger Ver-

entstehenden Zellen verlängern sich nach zwei Richtungen, und verwandeln sich dabei in Faserbündel, in welchen endlich der Zellenkern verschwindet (*Schwann*). Es ist aber nach *Henle* nicht

theilung und längerer Einwirkung des Wassers in eine körnige Substanz vertheilt und darauf auflöst.

In Essigsäure aufbewahrte Haut eines Foetus zeigt dünne, gewöhnlich sehr kurze, elastische Fasern, die mit Anschwellungen versehen sind, welche von den Kernen, aus denen sie sich gebildet haben, herrühren.

Die festen Bündel der Fascia lata des Oberschenkels zeigen nach 6stündiger Maceration in Kali geschlängelte, parallele, feine Fasern, auf welchen senkrecht breite, durchsichtige gleichsam mit Röhren umgebene Bündel stehen.

Die geschlängelten Fasern in der Fascia sind elastische Fasern. Man isolirt sie durch Zerrung und bekommt dann sehr breite Fasern. Nach 50stündiger Maceration in Kali behält man, wenn man Wasser zusetzt, nur die elastischen Fasern übrig.

Auf dem Querschnitt der (getrockneten) Sehne des Semitendinosus (Fig. 120) sieht man, wenn man Wasser hinzugesetzt hat, secundaire Sehnenbündel von verschiedener Grösse (1), die durch lockeres Bindegewebe (2) mit körniger Intercellularsubstanz verbunden sind. In diesem lockeren Bindegewebe sieht man Durchschnitte von Blutgefässen (3), um welche sich namentlich (4) Fettgewebe findet. Jedes secundaire Bündel zeigt in regelmässigen Entfernungen eine Menge verlängerter Pünktchen, die durchschnittenen elastischen Fasern entsprechen.

Ein Längsschnitt der Sehne des getrockneten Semitendinosus zeigt parallele durchsichtige Bündelchen, die aus dünnen geschlängelten Sehnenfasern bestehen und mit undurchsichtigen Fasern abwechseln. Durch Essigsäure wird Alles sehr durchsichtig und man sieht kaum mehr die parallelen Sehnenbündelchen (Eig. 121, 1), die viel breiter sind als ohne Essigsäure. Es sind eine Menge geschlängelter oder fast grader elastischer Fasern in ziemlich regelmässigen Entfernungen sichtbar (Fig. 121, 2).

In einem mit Kali behandelten Querschnitt sieht man deutlich eine Theilung der secundairen Bündel in kleinere, die alle aus 6 bis 8 Primitivbündeln bestehen. Die Primitivbündel sind durch eine amorphe Bindesubstanz verbunden, von welcher sich eine dickere Schichte zwischen den erwähnten zusammengesetzten Bündeln findet, welche die secundairen Bündel bilden. Es treten hierbei auch die Kernfasern deutlich zum Vorschein, die nach längerer Behandlung mit Kali auf Zusatz von Wasser allein übrig bleiben.

Indem die Querschnitte durch Essigsäure aufquellen, legen sich, durch die starke Ausdehnung der Fasern in die Breite, die am Rande liegenden Theile um, und bilden aufgequollene Bündel, die so breit sind wie das aufgequollene Praeparat dick ist, und auf deren Längenrichtung senkrecht ste-

bewiesen, dass diese Fasern erst vollkommen entwickelte Zellen gewesen seien; es scheint ihm vielmehr so, als wenn die so innig mit den leimgebenden verwebten elastischen Fasern

hende elastische Fasern gesehen werden (Fig. 122). Ein dünnerer Querschnitt giebt dünnere Bündel (Fig. 123). Da nun diese Bündel nur parallele elastische Fasern zeigen, ebenso wie auf dem Längenschnitt (Fig. 121, 2), und keine Querbündelchen oder Querfäden oder Querlinien, so folgt hieraus, dass die primairen Sehnenbündel nicht von Röhren umgeben oder in kleine Gruppen vertheilt sind, sondern durch das Aufquellen in Essigsäure so sehr zusammengedrängt werden, dass sie gleichsam nur eine Masse bilden. Der Zusammenhang der Fasern scheint indess in gewissen Richtungen fester zu sein, als in anderen, da diese Bündel sich reihenweise ablösen.

Aus dieser Beobachtung folgt also, dass die grösseren und kleineren Sehnenbündel nicht durch häutige Scheiden von einer eigenen Zusammensetzung umgeben werden, sondern wahrscheinlich von einer Schichte derselben leimgebenden Substanz, welche die Primitivbündel der Sehnen bildet, und dass also die secundairen Sehnenbündel ausser aus elastischen Fasern nur aus leimgebendem Gewebe bestehen. Im Zellgewebe, welches die secundairen Bündel verbindet, kommen indess noch Blutgefässe und Fettgewebe vor.

Die Sehnenbündel einer frischen Sehne sind oft regelmässig geschlängelt (Fig. 124), und stimmen übrigens mit denen des lockeren Bindegewebes überein.

Sublimat und Gerbsäure sind vorzugsweise geeignet, die Fasern des Sehnengewebes schön zu Tage zu fördern. Ebenso Alkohol.

Durch Essigsäure aufgequollene Fasern von Sehnengewebe nehmen, wenn die Säure durch Ammoniak gesättigt wird, ungefähr die vorige Form an.

Ligamentum sacro-tuberosum, ein nach der jetzigen Annahme aus wahrem Bindegewebe bestehendes Band.

Nach 50stündiger Maceration in concentrirtem Kali ist es ein amorphes Gewebe geworden. Die hier und dort hervorragenden dünnen Fäden bestehen aus in gewissen Entfernungen an einander gereihten Kügelchen (Fig. 125). Das Kali hat also auf verschiedene Theile des Fadens ungleichmässig eingewirkt, so dass einige abwechselnd gelagerte Theilchen leichter, andere dazwischen liegende hingegen schwerer aufgelöst werden. Auf Zusatz von Wasser verschwinden diese Fasern grösstentheils, und die vorher wie Körnchen aussehenden Theile des Fadens bleiben lose zerstreut übrig. Wenn man darauf concentrirte Essigsäure hinzusetzt, dann zieht sich Alles zusammen, wodurch bewiesen wird, dass noch verborgene Fasern zurückgeblieben sind.

In diesem Bande scheint also eine zweifache Substanz vorzukommen, und es verdient also näher untersucht zu werden (*Donders* und *M.*).

aus dem Zellenkern gebildet werden, während aus der unvollständig entwickelten Zelle, zu welcher dieser Kern gehört, ein Bündel Bindegewebe zu Stande kommt. Wenn diese Vorstellung wirklich naturgemäss ist, so erklärt sie auf eine schöne Weise den innigen Zusammenhang, der zwischen leimgebenden und elastischen Fasern besteht. Ich selbst habe aber keine Beobachtungen darüber angestellt.

Wenn man auch dem Bindegewebe die niedrigste Stelle unter den gefässhaltenden Geweben zuschreibt, weil es an den thierischen Functionen den geringsten Antheil nimmt, so steht dem doch gegenüber, dass es sich bei Substanzverlust rasch ersetzt. Eine so schnelle Reproduction im kranken Zustande setzt eine kräftige Thätigkeit im gesunden voraus, eine viel raschere Neubildung, als man gewöhnlich annimmt. Es nimmt selbst die Stelle vieler anderer verloren gegangener Gewebe ein, und regenerirt sich also viel rascher als diese. Damit muss man aber nicht die Pseudomembranen der serösen Häute verwechseln, die wenigstens auf einer gewissen Entwicklungsstufe aus Proteinbioxyd zu bestehen scheinen [1]).

Dass das leimgebende Gewebe kein ursprüngliches ist, wurde schon erwähnt. Die Haut des Fœtus hat keinen Leim; die Fasern derselben sind nach 24stündigem Kochen noch nicht aufgelöst; was aufgelöst wird, nennt man Pyin, das, nach den Eigenschaften zu urtheilen, Proteinbioxyd ist, dieselbe Substanz wie die, welche im Eiter vorkommt [2]). Was ungelöst bleibt, ist wahrscheinlich elastisches Gewebe. (Vgl. unten Knochengewebe.)

Die Substanz, aus welcher sich Bindegewebe in der Frucht entwickelt, scheint also Proteinoxyd zu sein, und dies geschieht wahrscheinlich während des ganzen Lebens bei der Neubildung des aufgelösten Bindegewebes. Auf welche Weise dies aber ge-

[1]) *Scheik. Onderz.* D. I, S. 557.

[2]) *Von Bibra* Chemische Untersuchungen verschiedener Eiterarten, Berlin 1842, S. 14 und 230 und Bülletin 1839, S. 406. Scheik. Onderz, D. I, S. 572.

schieht, ist nicht bekannt. Man hat nämlich noch keinen Zusammenhang zwischen Proteinoxyd und Leim [1]) gefunden, es sei denn, dass wir zu den Elementen von Proteinoxyd einfach Stickstoff addiren und Wasser von demselben abziehen wollen, oder auf irgend eine andere willkührliche Weise diesen Zusammenhang andeuten wollen. Namentlich hat die Kunst es noch nicht dahin gebracht, aus Protein Leim zu bereiten, und so lange dieses nicht möglich ist, bleibt uns diese Umsetzung unbekannt. Wir sind also über die Entstehung der leimgebenden Substanzen im Finstern — und also über die Entstehung aller der genannten sich aus denselben bildenden Gewebe — und im Finstern über das Cytoblastem oder die zellenbildende Substanz, aus welcher Bindegewebe entsteht.

Die Gegenwart des elastischen Gewebes, das sich in grösserer oder geringerer Menge in allen leimgebenden Geweben findet, verdient eine besondere Aufmerksamkeit, nicht nur hinsichtlich des Baues und der Natur der Gewebe, sondern auch hinsichtlich ihrer Entstehung. Jene innige Verwebung der elastischen mit den Bindegewebefasern, die Umwickelung der letzteren mit den ersteren weist auf eine gleiche Entstehung hin. Sie sind aber chemisch wesentlich verschieden. Elastisches Gewebe werden wir später kennen lernen als $C^{52} H^{80} N^{14} O^{14}$, während leimgebendes Gewebe entweder $C^{13} H^{20} N^{4} O^{5}$ oder eine damit polymere Substanz, und also von elastischem Gewebe gänzlich verschieden ist.

Wir haben schon auf den Zusammenhang zwischen elastischen und Bindegewebefasern aufmerksam gemacht. Die Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung lehrt, dass sie nicht gleichen Ursprungs sind. Wenn, wie *Henle* glaubt, wirklich aus der unvollkommenen Zellwand die Fäden des leimgebenden Gewebes gebildet werden, aus dem Kern jener un-

[1])

	Proteintrioxyd.		Gallerte.	
C	40	51,45	13	50,37
H	64	6,72	20	6,33
N	10	14,90	4	17,95
O	16	26,93	5	25,36.

vollständigen Zelle dagegen die elastischen Fasern, so muss nothwendiger Weise die Bildung der einen die der andern unterstützen. Die chemische Umsetzung z. B., die vom Kern ausgeht, während aus demselben eine elastische Faser gebildet wird, muss die Entstehung der Fäden leimgebenden Gewebes fördern. Die beiden Bildungen gehen ja in der nächsten Nähe vor, gleichsam in demselben kleinen Elementarorgan, und führen zu verschiedenen chemischen Produkten.

Jeder Versuch aber, die Entstehung dieser beiden Gewebe aus dem Nahrungssafte zu erklären, ist für jetzt fruchtlos.

Wenn man es für erwiesen halten darf, dass das Bindegewebe kein primitives, sondern ein secundaires Gewebe ist, dann ist zugleich bewiesen, dass Leim, wie *Liebig* meint, nicht dazu dienen kann, Zellen und Membranen zu bilden [1]). Erstlich kennen wir ja im Organismus keine einzige Zelle, die aus Bindegewebe besteht, und da die Membranen secundaire Produkte sind, so können sie unmöglich direkt aus Gallerte entstehen, und es muss die genossene Gallerte, da sie in den Faeces und im Urin nicht unverändert wiedergefunden wird, einem anderen Zwecke dienen.

Der Zusammenhang, der oben zwischen zwei extractartigen, unter den Einwirkungen von Alkalien aus Protein entstehenden Substanzen und Leim nachgewiesen wurde, verbreitet einiges Licht über die Entstehung des letzteren. Keineswegs wird der Leim direckt die Formbestandtheile des Organismus erzeugen, sondern nur in statu nascenti dazu im Stande sein. Wenn genossener Leim wirklich in Zellen übergehen könnte, so wäre er für eins der wichtigsten Nahrungsmittel zu halten; denn Zellen bilden einen Hauptheil der ursprünglichen festen Substanzen des Körpers. So dürfen wir uns die Rolle desselben bei der Ernährung aber nicht denken. Allein die Gegenwart desselben im Blute, wenn er z. B. als Fleischbrühe genossen in diese

[1]) Thierchemie 2. Aufl. S. 89 und 90.

Flüssigkeit gelangt, macht den Ersatz des in dem Organismus vorhandenen leimgebenden Gewebes überflüssig oder weniger nothwendig, und es wird also desto weniger Bindegewebe ersetzt, je mehr leimgebende Substanz in löslicher Form als Nahrung geboten wird.

Wenn also auch die Gallerte nicht zur Zellenbildung benutzt werden kann, so muss sie doch aus dem letzteren Grunde Nahrung genannt werden. Bei der Abmagerung unterstützt sie also indirekt den Ersatz des verlorenen Bindegewebes, und bei Kräfte-Anstrengung macht der Genuss derselben mit andern Nahrungsstoffen die Ernährung wirklich besser und kräftiger, weil ihre Gegenwart im Blute den Ersatz des Bindegewebes viel weniger nöthig macht. Auch hierin ist also der Nutzen derselben ein indirekter. (Vgl. Nahrungsmittel.)

Sehr viele plattenförmige, aus Bindegewebe gebildete Häute, die man seröse Häute nennt, sondern im normalen Zustande eine Flüssigkeit ab, die sich im krankhaften Zustande anhäufen kann. Man findet dies in der Bauch-, Brust- und Hirnwassersucht. Die Zusammensetzung dieser Flüssigkeit ist für die verschiedenen Membranen, welche dieselbe absondern, verschieden. Man kennt sie nur im krankhaft vermehrten Zustande. Es folgt hier eine Analyse.

Hirnwasser nach *Berzelius*.

Eiweiss	1,66
In Alkohol lösliche Substanzen und milchsaures Natron	2,32
Chlornatrium und Chlorkalium	7,09
Natron	0,28
In Alkohol unlösliche organische Substanz	0,26
Phosphorsaure Erden	0,09
Wasser	988,30

Aehnliche Resultate habe ich ebenfalls erhalten (*Berzelius*, Bd. IX, S. 198).

Bisweilen kommt viel mehr Eiweiss in diesen Flüssigkeiten vor, so dass die Menge desselben ungefähr der des Blutserums

gleich kommt. *Marchand* fand im Serum der Bauchhöhle Harnstoff.

Dieses Serum kann also als verdünntes Blutserum betrachtet werden. Die Salze namentlich stimmen sehr nahe zu denen des Blutserums; nur der Eiweissgehalt ist gewöhnlich kleiner. Wodurch dieses zurückgehalten wird, wenn die wässerige Flüssigkeit des Blutserums durchschwitzt, ist nicht bekannt, aber die Thatsache verdient Beachtung.

Auf jeden Fall ist die Absonderung dieses Serums im krankhaften Zustande nur ein einfaches Durchschwitzen des Nahrungssaftes. Es ist aber unwahrscheinlich, dass es im gesunden Zustande dieselbe Zusammensetzung haben sollte, wie wenn es krankhaft angehäuft ist. Es wird vermuthlich concentrirter sein, aber die Zusammensetzung ist nicht bekannt.

Auf den serösen Häuten kommt noch ein einfaches Pflasterepithelium vor, von welchem oben die Rede war. Dieses wird bei der Entzündung rasch abgestossen, wodurch sich die Ausschwitzung einer grösseren Menge Flüssigkeit von einer anderen Zusammensetzung, als die des gewöhnlichen Serums, hinreichend erklärt.

Elastisches Gewebe.

Was man elastisches Gewebe im thierischen Organismus nennt, ist ein sehr allgemein verbreitetes, faseriges, sehr elastisches Gewebe, das sich entweder fast unvermischt findet, oder mit Bindegewebe oder anderen Elementarformen verbunden. Es besteht entweder aus ungetheilten Fäden, wie im unteren Stimmbande (Fig. 132); oder aus Fäden mit hervorragenden, gekräuselten Verästelungen, so wie in den gelben Bändern der Wirbelsäule (Fig. 131); oder aus Fäden mit Verästelungen, die wieder mit einander verschmelzen und wie ein sehr dichtes anastomosirendes Gefässnetz aussehen, so wie in der elastischen Haut der Arterien; oder endlich die Abgabe und die

Verbindungen der Fäden werden so häufig, dass sie gleichsam ein dünnes Häutchen bilden, das gänzlich den Namen eines elastischen Häutchens verdient, so wie in den mittleren Häuten der Arterien und Venen (s. unten).

Die sich verästelnden Fasern sind namentlich häufig im Organismus und bilden in der That einen wichtigen Bestandtheil desselben [1]).

[1]) Ein Längenschnitt aus dem *Lig. nuchae* einer Kuh zeigt parallele Fasern, die durch Essigsäure kaum aus einander weichen (Fig. 126). Die einzelnen Fasern sind oft rauh von anhängender Bindesubstanz (Fig. 127), die sich in Kali auflöst. Hierdurch wird das Isoliren erleichtert.

Nach 24st. Maceration in Kali sieht man schöne elastische Fasern, etwas dünner als im gewöhnlichen Zustande, leicht zu isoliren und verästelt (Fig. 128).

Auf dem Querschnitt sieht man runde, mehr oder weniger ovale, oder eckige Durchschnitte von elastischen Fasern verschiedener Grösse, die, durch sehr wenig Bindesubstanz getrennt, sehr nahe beisammen liegen und durch Essigsäure kaum aus einander weichen (Fig. 129).

Wenn man ein viele Tage lang in Kali aufbewahrtes Lig. nuchae mit unbewaffnetem Auge betrachtet, so ist es gallertig, schön durchsichtig geworden, mit Ausnahme einiger dicken weissen Bündel. Unter dem Mikroskop sieht man in der gallertigen Substanz nur einzelne Kügelchen, in den weissen Bündeln indess viele elastische Fasern, die alle in scharfe Spitzen auslaufen (Fig. 130), und ausser diesen elastischen Fasern grosse runde Klümpchen, die aus einer körnigen Substanz bestehen. In Wasser wird diese körnige Substanz nicht aufgelöst.

Von Lig. nuchae, das 6 Monate lang in einer gesättigten Kalilösung, die mit 4 Theilen Wasser verdünnt war, aufbewahrt wurde, ist ein Theil ungelöst geblieben, der unter dem Mikroskope kleine zugespitzte elastische Fasern zeigt.

In concentrirter Schwefelsäure ist es nach 6 Monaten aufgelöst und braun.

In concentrirter Salpetersäure theilweise ungelöst.

In Essigsäure unverändert.

In Salzsäure braun aufgelöst.

Gelbes Band eines männlichen Individuums von 21 Jahren. Parallel der Oberfläche sieht man ein Netz mit einander verwebter, verästelter, platter, elastischer Fasern, die mit einigen Bindegewebefasern durchmischt sind. Durch Essigsäure bleiben die elastischen Fasern unverändert und bilden ein Netz zusammenhängender Fasern mit einer klaren Zwischensubstanz (Fig. 131, a).

Wenn man es von oben nach unten quer durchschneidet, weichen die

Die Menge der mit verschiedenen anderen Elementarformen verbundenen elastischen Fasern ist sehr verschieden. Im Bindegewebe, in welchem es nirgends fehlt, selbst nicht in dem, welches die Primitivbündel der Nerven verbindet, häuft es sich bisweilen in der Art, dass es ungefähr die Hälfte der ganzen Masse ausmacht, z. B. in der Fascia lata femoris, von der man mit gleichem Rechte sagen kann, dass sie aus elastischem, wie dass sie aus Bindegewebe besteht.

Es giebt einige Gewebe, die fast nur aus elastischen Fasern bestehen, aber nichts desto weniger einige Unterschiede zeigen. Diese Verschiedenheit ist durch die Verbindung mit anderen Elementarformen bedingt, namentlich mit einer gewissen Menge Bindegewebefasern, die beim Kochen Leim geben. Wo elastisches Gewebe vorkommt, ist es in chemischer Hinsicht überall gleich, in den gelben Bändern, im Lig. nuchae, in anderen Organen, und die Beobachtungen von *Eulenberg* über die Fähigkeit des Nackenbandes, Leim zu geben, und die von *Valentin* über die Löslichkeit der elastischen Fasern der innersten Schichte der Pleura sind offenbar einer Verwechselung mit Bindegewebe-

Fasern aus einander und es zeigt sich eine durchsichtige, aufgequollene Substanz zwischen den Fasern, die aus durch Essigsäure aufgequollenem Bindegewebe besteht, das amorph die Zwischenräume der elastischen Fasern ausfüllt. Wenn man Kali hinzusetzt, dann ziehen sich die elastischen Fasern wieder zusammen, und die Zwischensubstanz verhält sich also wie Bindegewebe.

Nach 48stündiger Maceration in concentrirtem Kali zeigt sich keine Veränderung; wenn man Wasser zusetzt, so weichen die elastischen Fasern durch das zwischenliegende Bindegewebe aus einander, und einige werden sogar ganz getrennt. Die übrigbleibenden elastischen Fasern haben trotz der Einwirkung des Kali ihre Elasticität behalten. Wenn man das Kali mit Essigsäure sättigt und Jodtinctur hinzusetzt, dann werden die elastischen Fasern durch das Jod sehr dunkel gefärbt.

Ein mit Essigsäure behandelter Querschnitt (Fig. 131, b). Die elastischen Fasern, die auf dem Durchschnitt mehr oder weniger oval oder eckig sind, weichen durch Essigsäure kräftig aus einander und nähern sich wieder, wenn man Ammoniak zusetzt (*Donders* und *M.*).

fasern zuzuschreiben. Das elastische Gewebe verdient noch desto mehr Beachtung, wenn wir bedenken, dass es *Henle's* Kernfasern sind, und dass die in so vielen Elementarformen gesehenen Kerne mit einigem Rechte zum elastischen Gewebe gezählt werden. Diese Kerne verhalten sich ja in der That in vieler Hinsicht wie elastisches Gewebe.

Die allgemeinen Eigenschaften des elastischen Gewebes sind die folgenden: in Wasser gekocht, giebt es keinen Leim. Nach 40stündigem Kochen sind die Fasern wie unverändert. Kochender concentrirter Essigsäure leistet es lange Widerstand, darauf aber wird es in der Säure langsam, d. h. nach vieltägigem Kochen, aufgelöst. Bei der gewöhnlichen Temperatur verändert es sich in concentrirter Essigsäure nicht. In Salzsäure, die mit etwas Wasser verdünnt ist, wird elastisches Gewebe bei der Digestion aufgelöst. Die mit Ammoniak neutralisirte Lösung giebt eine organische Substanz, die in Alkohol und Wasser löslich ist. Salpetersäure zersetzt reines elastisches Gewebe, ohne Xanthoproteinsäure zu bilden. Eine mässig concentrirte Kalilösung löst elastisches Gewebe zuletzt vollkommen zu einer durchsichtigen Gallerte auf, aber erst nach vielen Tagen. Durch diese Eigenschaft des elastischen Gewebes, dass es sich sehr schwer in concentrirter Essigsäure und in Kali auflöst, ist es leicht, dasselbe rein zu erhalten.

Im Lig. nuchae der Kühe findet es sich in grosser Menge. Es ist hier nur mit einigen wenigen Bindegewebefasern verwebt und mit Nahrungssaft getränkt.

Trocknet man ein solches Lig. nuchae und schabt man es fein, so kann man durch Behandlung mit Kali, Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether durchaus reines elastisches Gewebe erhalten, reiner als irgend eine andere Elementarform zu erhalten ist.

Die Zusammensetzung des reinen elastischen Gewebes ist nach Analysen von *J. W. R. Tilanus* C^{52} H^{80} N^{14} O^{14}, welche Formel sowohl aus Analysen des reinen Gewebes abgeleitet wurde, wie aus einer Verbindung, welche elastisches

Gewebe mit Chlor eingeht, und die sich ausdrücken lässt durch $C^{52} H^{80} N^{14} O^{14} Cl^{2}$ [1]).

Es besteht ein Verhältniss zwischen leimgebendem und elastischem Gewebe, das Beachtung verdient. Unter den Chlorverbindungen des leimgebenden Gewebes giebt es nämlich eine, in welcher $Cl^{2} O^{3}$ mit $4 \times (C^{13} H^{20} N^{4} O^{5}) = C^{52} H^{80} N^{16} O^{20}$ verbunden ist, mit welcher Verbindung ebenfalls das Hydrat von Leim, oder das, welches man durch langes Kochen aus Leim erhält, übereinstimmt. Elastisches Gewebe, $C^{52} H^{80} N^{14} O^{14}$, ist also um $N^{2} O^{6}$ von 4 Aeq. Leim verschieden. Es lässt sich also nicht verkennen, dass einiger Zusammenhang zwischen leimgebendem und elastischem Gewebe besteht; aber wir können für jetzt nur auf diesen Zusammenhang hinweisen. (Vgl. oben S. 568.)

Die folgenden Theile des thierischen Körpers werden jetzt

[1]) Elastisches Gewebe aus dem Lig. nuchae und mit kaltem Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen:

C	54,90	54,39
H	7,25	7,28
N	17,52	17,30
O	19,97	20,72
S	0,36	0,31.

Hierin ist noch einiges Bindegewebe.

Mit Essigsäure, Wasser, Alkohol und Aether ausgezogen:

	gef.	At.	ber.
C	55,65	52	55,88
H	7,41	80	7,02
N	17,74	14	17,42
O	19,20	14	19,68.

Die Chlorverbindung gab:

	gef.	At.	ber.
C	51,55	52	52,43
H	6,64	80	6,62
N	15,94	14	16,67
O	19,93	14	18,43
Cl	5,94	2	5,85.

Sie ist indess nicht die einzige, die man erhalten kann. S. *Scheik. Onderz.* D. III.

zum elastischen Gewebe gezählt, obgleich sie alle eine grössere oder geringere Menge Bindegewebefasern zugleich enthalten — am wenigsten wahrscheinlich das Lig. nuchae der Rinder. Die gelben Bänder der Wirbelsäule, die Bänder, welche die Kehlknorpel und die der Luftröhre und der Bronchien mit einander verbinden und sie an das Zungenbein befestigen; die elastische Haut der Arterien und Venen; die anderen Häute der Arterien und Venen, die alle mehr oder weniger mit Bindegewebe (die Ringsfaserhaut mit organischen Muskelfasern) vermischt sind; die äusserste Schichte der Fasern des Oesophagus, durch welche dieser mit dem Larynx und der Trachea zusammenhängt. Die serösen Häute, namentlich das Peritonaeum, haben an vielen Stellen eine Schichte elastischen Gewebes, welches die serösen Membranen mit den unterliegenden Theilen verbindet. Solche Plättchen findet man zwischen dem Peritonaeum und dem Schwerdtfortsatze, zwischen dem Peritonaeum und der Blase, dünner auf den Därmen, nicht auf den Nieren oder auf der Leber. Unter der Rippenpleura findet man ebenfalls elastisches Gewebe, nicht auf den Lungen und dem Herzen. Auch findet man die Haut mit elastischen Fasern durchwebt. Endlich trifft man elastische Fasern zwischen den Knorpelkörperchen des elastischen Knorpelgewebes.

Aus allen diesem geht hervor, dass das elastische Gewebe dem Bindegewebe genetisch nahe verwandt ist.

Knorpelgewebe.

Feste, biegsame, mehr oder weniger elastische Theile des Organismus, mit einem geringen Gehalte an organischen Bestandtheilen, mit zelliger oder faseriger Structur, nennt man Knorpel. Sie sind verschieden, je nachdem die Zellen in einer structurlosen Grundsubstanz liegen, oder von Fasern eingeschlossen sind. Erstere sind weiss, mehr oder weniger bläulich, letztere gelblich. Wo sich die Zellen in einer amorphen Grund-

substanz finden, nennt man die Knorpel wahre Knorpel; wo Fasern die Grundlage bilden, nennt man sie Faserknorpel. Letztere müssen aber in zwei Arten getrennt werden. Diejenigen nämlich, welche elastische Fasern enthalten, wollen wir elastische Knorpel nennen, während wir den Namen Faserknorpel auf die Art beschränken wollen, in welcher die Hauptmasse der Fasern anderer Art ist als die elastischen.

Die wahren Knorpel sind die Rippenknorpel, der knorplige Theil des Proc. ensiformis sterni, die knorpligen Ueberzüge der Gelenk-Enden, die Knorpel der Nase und fast alle Knorpel der Luftwege. Zu den elastischen Knorpeln gehören die Epiglottis, die Knorpel des Ohrs und die knorpligen Ueberzüge des Unterkiefergelenks; zu den faserigen die Synchondrosen, die Zwischenwirbelknorpel und verschiedene Zwischengelenkknorpel.

Die wahren Knorpel bestehen aus einer amorphen oder feinkörnigen Substanz, mit ansehnlichen Höhlen (Fig. 133 und 134), die mit einer durchsichtigen Masse ausgefüllt sind, in welcher man kleine Bläschen findet, die hier und da mit einem oder zwei Kernen versehen sind. Betrachtet man die soeben genannten Höhlen als Zellen, so stimmen diese gänzlich zum Bilde der endogenen Zellbildung. Bisweilen sieht man vier solche Zellen regelmässig an einander gedrückt, bisweilen gehören zwei oder drei einer Höhle an. Der Kern der Zellen hat mannigfaltige Formen, bisweilen fehlen die Kernkörperchen, bisweilen sind die Zellen anstatt mit Kernen, mit kleinen Fettzellen versehen.

An der Oberfläche dieser wahren Knorpel liegen die genannten Höhlen dicht zusammengedrängt (Fig. 133), und in viel grösserer Anzahl, als weiter von der Oberfläche entfernt (Fig. 134).

Diese Knorpel bestehen zum grossen Theil aus chondringebender Substanz, für welche die Formel 10 (C^{32} H^{52} N^{8} O^{14}) S angegeben worden (S. 342). Die Zusammensetzung derselben, wenn man sie ganz analysirt, ist die des Chondrins, welches

man aus derselben erhält, wenn man sie einige Stunden lang kocht (S. 342). Durchaus identisch mit Chondrin kann aber ihre Zusammensetzung unmöglich sein. Beim Kochen nämlich lösen sich die Kerne viel träger auf, lassen die Flüssigkeit trübe, und filtrirt man diese, so erhält man eine klare Auflösung. Es ist also unmöglich, dass die ganzen Knorpel durchaus dieselbe Zusammensetzung haben, wie das Chondrin, das man durch Kochen aus denselben erhält, und wenn die Resultate der Analysen der Rippenknorpel und des aus diesen bereiteten Chondrins die nämlichen sind (S. 343), so mag dies als ein neuer Beweis dafür gelten, dass die Genauigkeit der Elementaranalysen ihre Grenzen hat.

Was nun das Chondrin selbst betrifft, so halte ich es insofern für einen eigenthümlichen chemischen Körper, als es durch Auflösung der körnigen Grundsubstanz allein erhalten ist, und da diese beim Kochen der Knorpel zuerst aufgelöst wird, so lässt sich in dem ersten Decoct Chondrin vielleicht als chemisch reiner Körper erhalten. Durch fortgesetztes Kochen werden auch die Zellenwände gelöst, und die dadurch erhaltene Auflösung muss andere Substanzen enthalten.

Es wäre doch sonderbar, wenn diese körnige Grundsubstanz, die Wand und der Inhalt der Zelle in den Knorpeln durchaus dieselbe Zusammensetzung hätten [1]).

(Wenn man Knorpel kocht, so verschwindet zuerst die Intercellularsubstanz, gleichgültig, ob dieselbe faserig ist, oder nicht. Man sieht dann Kerne, die theilweise noch mit Zellen versehen sind, in der Flüssigkeit schwimmen. Alles, was körnig ist, bleibt lange Zeit unverändert. — Rippenknorpel, deren Intercellularsubstanz zum grössten Theil faserig war, wurden 2 × 24 Stunden gekocht, die Flüssigkeit wiederholt abgegossen, nach wiederholter Absetzung des Praecipitats und Abgiessen der Flüssig-

[1]) Verschiedene Reagentien fällen die Substanz nur theilweise und keineswegs ganz, z. B. Platinchlorid. Es giebt also hinlängliche Gelegenheit, um die Trennung zu versuchen.

keit abgedampft (Filtriren gelang nicht) und mit Aether und Alkohol ausgezogen. Ein kleiner Theil dieser Flüssigkeit wurde filtrirt, zum zweiten Male filtrirt, und dennoch blieben unter dem Mikroskop fortwährend Kerne und Körnchen, selbst einzelne Zellen sichtbar. Von einem solchen Chondrin wurde ein C H Versuch angestellt, der vollkommen mit der Formel übereinstimmte. Ein C H Versuch von Knorpel gab dieselben Resultate. Ich nehme an, dass in dem bis jetzt analysirten Chondrin wohl immer mikroskopische Molecüle zugegen waren.

Ein Theil dessen, was nach 2 × 24stündigem Kochen nicht aufgelöst war, wurde von neuem 48 Stunden gekocht, wobei es dem unbewaffneten Auge fast ganz unsichtbar wurde. Mikroskopisch sah man eine grosse Anzahl sehr feiner Körnchen, körniger Kerne und körniger Zellen ziemlich unverändert. Diese scheinen also dem Kochen ganz zu widerstehen.

Man sieht ausserdem mit unbewaffneten Augen noch kleine Stückchen, die eine structurlose Grundsubstanz zeigen, in welcher sich viele körnige Kerne finden.

Diese Flüssigkeit reagirt auch deutlich auf alle Reagentien des Chondrins. (*Donders.*)

Im Chondrin ist selbst, wenn es klar filtrirt ist, eine reichliche Menge Kalk und anderer Salze aufgelöst, bis zu 3, 5%.

Es ist wahrscheinlich, dass diese Knorpel aus Proteintrioxyd gebildet und also direkt aus den Bestandtheilen des Bluts unterhalten werden (s. S. 328).

Einige dieser wahren Knorpel können während des Lebens ganz oder theilweise in Faserknorpel übergehen. Man beobachtet dann meistens in denselben sehr glänzende Streifen (Fig. 136, 1), die, wie sich aus der mikroskopischen Untersuchung ergiebt, aus geraden oder leicht geschlängelten Fasern bestehen, die unter einander parallel und in den Rippenknorpeln nach der Richtung ihres Durchmessers verlaufen (Fig. 134, 4). Mit dieser Veränderung hängen zwei andere zusammen. Erstlich verschwinden die Zellenkerne und es treten an ihre Stelle die genannten kleinen Fettzellen (Fig. 135, c).

Sodann sind es grade diese faserig werdenden Knorpel, die in späterem Alter verknöchern.

Wenn es gleich heisst, dass diese Knorpel keine Blutgefässe haben, so hat mir Dr. *Donders* doch mehre Male in Rippenknorpeln von Individuen, die nicht mehr als 30 Jahre alt waren, deutliche Blutgefässe gezeigt.

Ueber die wahren Knorpel theile ich die folgenden Beobachtungen mit [1]), aus welchen ich hier die Folgerung aufnehme, dass

[1]) *Rippenknorpel* eines jungen Individuums von 22 Jahren. — Die Masse dieser Knorpel wird durch eine feinkörnige, hier und da faserige Grundsubstanz mit Körperchen aus einer sehr durchsichtigen Substanz gebildet. Diese Körperchen haben eine sehr verschiedene Gestalt, je nachdem man ein nach auswärts, oder ein mehr in der Achse des Knorpels liegendes Theilchen untersucht. In dem mehr nach innen liegenden Theil sind sie rundlich, bisweilen dreieckig, so dass je zwei einander die flachen Seiten zuwenden (Fig. 133, 1). Nach auswärts sind sie viel mehr verlängert (Fig. 135 a), und weder dreieckig noch rundlich; sie liegen dort in Längenreihen (Fig. 133, 2). In der Mitte sind sie grösser und liegen unregelmässig, meistens weiter von einander entfernt (Fig. 134). Je weiter man nach aussen kommt, desto kleiner und häufiger werden sie.

In diesen Körperchen findet man eine, meistens aber mehrere Zellen (1) von rundlicher, eckiger oder länglicher Gestalt, die etwas dunkler sind als der übrige Theil, der sich durch eine grössere Helligkeit von der Grundsubstanz unterscheidet.

In den länglichen Körperchen liegen gewöhnlich 2 — 4 Zellen in einer und derselben Reihe (2). In den mehr rundlichen Knorpelkörperchen sind die Zellen mit ihrer breiteren Basis nach verschiedenen Richtungen einander zugewendet (Fig. 135, b).

Ausser Zellen findet man in den erwähnten Knorpelkörperchen feine Körnchen, einzelne Kerne (b, 1) und Fettbläschen (c, 1).

In dem genannten Knorpel sieht man meistens in jeder Zelle ein einzelnes grösseres Fettbläschen (c, 2) und bisweilen ausserdem mehre kleinere und feine Körnchen. Gegen die Mitte des Knorpels sind die Fettbläschen zugleich am grössten und am häufigsten.

Die Zellen nehmen den mittleren Theil der Knorpelkörperchen ein, indem die Zellen von einem weissen Rande umgeben sind, der durch nichts ausgezeichnet ist, und unmittelbar an die körnige oder faserige übrige Masse des Knorpelgewebes grenzt.

In der Nähe der Oberfläche des Knorpels ist die Grundsubstanz zwischen den Knorpelkörperchen fast structurlos (Fig. 133), in einiger Entfernung von der Oberfläche wird sie feinkörnig und weniger durchsichtig (Fig. 134, 3),

ausser Fettzellen und Gefässen mindestens vier Substanzen in denselben unterschieden werden müssen, nämlich: Zellenwände, die sich langsam in Kali und Schwefelsäure auflösen; Zellen-

und hier und da faserig (4). An einzelnen Stellen zeigen sich in der Zwischensubstanz Fettbläschen (5).

Auf dem Querschnitt der Rippenknorpel sieht man bei den meisten erwachsenen Individuen eine mehr oder weniger vollständige concentrische Linie, ungefähr eine Linie weit von der Oberfläche, asbestähnlich, sehr weich, aus der man Flüssigkeit hervordrücken kann (Fig. 136, 1). Unter dem Mikroskop sieht man, dass die Substanz aus feinen, meist parallelen Fasern besteht, zwischen denen nur einzelne, aber grosse, meist längliche, mit vielen Zellen versehene Knorpelkörperchen vorkommen. Diese Fasern verlaufen in der Richtung des Durchmessers des Knorpels und meistens grade oder ein wenig geschlängelt (Fig. 134, 4).

Innerhalb dieses Kreises liegen viel mehr Zellen als ausserhalb desselben, die oft mit grossen und vielen Fettbläschen versehen sind, und hier und da die Grundsubstanz gewissermaasen in eine lamellenförmige Masse verwandeln, welche an die Plättchen des Knochengewebes erinnert, und in welcher die Grenzen der Knorpelkörperchen viel weniger deutlich sind; an einzelnen Stellen sind in dieser lamellenförmigen Masse die Knorpelkörperchen mit Zellen nicht deutlich vorhanden.

Ein auf die Oberfläche senkrechter Längenschnitt von der äussersten Fläche zeigt in der körnigen Masse Knorpelkörperchen, die meistens länglich sind; parallel mit der Oberfläche sind sie rundlich. Sie scheinen also scheibenförmig zu sein, der Oberfläche des Knorpels parallel, so dass sie sich in zwei Richtungen schmal, in der dritten rundlich zeigen.

Auf dem Längenschnitt des oben genannten kreisförmigen faserigen Theils sieht man, dass dieser Kreis sich wie ein durchgehender Kanal zeigt, ein kreisförmiger Kanal also, der zwischen dem Inneren und dem Aeusseren eine Grenze darstellt.

In der innerhalb des faserigen, viel lockerern kreisförmigen Theils liegenden Substanz trifft man auf dem Längenschnitte auch hier und da dieselbe lamellenförmige Structur, welche oben erwähnt wurde. Die Form der Zellen und alles Uebrige verhält sich, wie schon erwähnt wurde.

Wenn man mit Aether auszieht, so verschwinden die Fettbläschen, und an ihrer Stelle zeigen sich zusammengezogene membranöse Hüllen (die Fettzellenhüllen) (Fig. 135, d, 1); alles Uebrige ist unverändert.

In concentrirter Kalilauge verwandelt sich die Grundsubstanz in wenigen Stunden in eine gleichförmige amorphe Masse, in welcher nichts mehr zu unterscheiden ist, während die Knorpelkörperchen frei und isolirt, und viel später aufgelöst werden.

In den Rippenknorpeln findet man also Fasern, eine feinkörnige

kerne, die allen Lösungsmitteln lange widerstehen; die Substanz, aus welcher die Knorpelkörperchen bestehen, die ebenfalls schwer löslich ist; endlich die Grundsubstanz, die zwi-

Substanz, Zellen mit ihren Kernen und Fettbläschen, und diese liegen sämmtlich in einer durchsichtigen festen Substanz, also sechs verschiedene Stoffe, die einen verschieden chemischen Charakter haben können. Ueber das Lamellöse konnten wir keine vollständige Gewissheit erlangen.

Die Cartilago thyreoidea, cricoidea und arytaenoidea des Kehlkopfs verhalten sich durchaus ebenso.

Nach 4stündiger Maceration in Kali (nachdem man sie erst mit Aether ausgezogen hat) sind die Knorpelkörperchen mit ihren klaren durchsichtigen Rändern unsichtbar geworden, die in denselben liegenden Zellen dagegen sehr deutlich. Die Fettbläschen sind (durch den Aether) aus denselben verschwunden, und an ihrer Stelle ist die ganze Zelle mit körnigen Theilchen versehen, die aus den Zellenmembranen der leeren Fettzellen gebildet sind. Die Grundsubstanz des Gewebes ist mehr lamellös geworden, von Auflösung ist aber noch keine Spur zu sehen. Auf Zusatz von Wasser werden die Zellen ganz unsichtbar und das Ganze verwandelt sich in eine amorphe körnige Masse. Setzt man mehr Wasser hinzu, so verschwindet diese Masse, und sie wird plötzlich aufgelöst, während die Knorpelkörperchen isolirt in der Flüssigkeit schwimmen, und die Zellen in denselben mit den Kernen und den Häutchen der Fettzellen sich gut unterscheiden lassen.

Wenn also auch die Grundsubstanz eine einzelne sein sollte — was aber die Structur nicht vermuthen lässt — so sind doch die Rippenknorpel deshalb nicht aus einer homogenen Substanz gebildet, da man in demselselben Lösungsmittel eine ungleiche Löslichkeit der Grundsubstanz und der Knorpelkörperchen beobachtet.

Concentrirte Schwefelsäure zeigt dasselbe, so dass man die Knorpelkörperchen in der Flüssigkeit sogar frei schwimmen sieht (Fig. 137). Nach 72 St. sind alle Körperchen und sogar alle Zellen verschwunden, und man sieht in der Säure, in welcher fast Alles aufgelöst ist, einige feinkörnige Körperchen schwimmen.

Durch $SO^3 + H^2O$ wird Rippenknorpel braun. Lässt man dünne Plättchen 4 St. in derselben, so zeigen sie sich aufgequollen und gallertig. Unter dem Mikroskop lässt sich nichts gut unterscheiden. Auf Zusatz von Wasser wird die Grundsubstanz an der Aussenseite der Praeparate aufgelöst, und die Knorpelkörperchen oder die in denselben enthaltenen Zellen schwimmen frei in der Flüssigkeit. Der durchsichtige Rand der Knorpelkörperchen wird, nachdem sie eine Zeit lang in Schwefelsäure gelegen haben, unsichtbar, und die Zellen bleiben mit ihren Kernen allein übrig. Hinsichtlich der Löslichkeit giebt es also diese Reihenfolge: Grundsubstanz, durchsichtiger Rand der

schen den Knorpelkörperchen liegt und theils körnig, theils faserig ist, und sich in Kali und Schwefelsäure leicht auflöst.

Die wahren Knorpel erfordern also in chemischer Hinsicht eine neue Untersuchung.

Die Faserknorpel sind sehr elastische Theile des Organis-

Knorpelkörperchen, Zellen, welche letztere am längsten Widerstand leisten. Nach noch länger fortgesetzter Maceration in Schwefelsäure verschwinden auch die Zellen, und lassen nichts als feine, körnige, früher in denselben enthaltene Körperchen übrig.

Die concentrirte Schwefelsäure bietet also eine schöne Gelegenheit, um die wahren Knorpel zu studiren und chemische Verschiedenheit in den Substanzen, welche in denselben vorkommen, zu beobachten. Die oben genannten Fasern leisten einen etwas stärkeren Widerstand als die feinkörnige Grundsubstanz; sie quellen auf und werden viel dicker. Diese stehen also hinsichtlich der Löslichkeit in concentrirter, und nachträglich verdünnter Schwefelsäure, zwischen der körnigen Grundsubstanz und den durchsichtigen Theilen der Knorpelkörperchen.

Nach 5stündiger Maceration in concentrirter Essigsäure sind die durchsichtigen Ränder der Knorpelkörperchen verschwunden, und die in denselben liegenden Zellen mit ihren Kernen im Gegentheil recht deutlich sichtbar. Die feinkörnige Grundsubstanz ist ebenfalls deutlich sichtbar, und die oben erwähnten Fasern ebenfalls deutlich ausgesprochen und dunkel.

Vorher mit Aether behandelte Stückchen zeigen in allen Punkten dasselbe, nur haben sie das Eigenthümliche, dass die in den Zellen enthaltenen Häutchen der Fettzellen, die nach dem Ausziehen mit Aether zusammenfallen, durch Essigsäure wieder aufquellen und rund werden.

Essigsäure löst also in 5 Stunden vom wahren Knorpelgewebe nichts auf.

Aus dem Mitgetheilten folgt: 1) dass im wahren Knorpelgewebe kein elastisches Gewebe vorkommt. Die genannten, so leicht in Kali löslichen, Fasern sind ja durchaus von den elastischen Fasern verschieden.

2) Ausser Fett und Fettzellen, Kernen und dem weiteren Inhalte der Zellen kommen Zellenwände in demselben vor, die sich langsam in Kali und Schwefelsäure auflösen.

3) Die Substanz, aus welcher die Wände der Knorpelkörperchen bestehen, und die durch ihre geringere Löslichkeit in concentrirtem Kali und Schwefelsäure von dem Gewebe, in welchem dieselben liegen, verschieden ist.

4) Die Substanz, welche die Grundlage dieses Knorpelgewebes ausmacht, und theils eine körnige, theils eine faserige Substanz ist, die sich in Kali und Schwefelsäure leicht auflöst.

Was nun das Chondrin betrifft, so kann dieses, wenn es durch Zerkochen der Knorpel erhalten ist, nur ein Gemenge verschiedener Körper sein. Wir kommen bei einer anderen Gelegenheit darauf zurück. (*Donders* u. *M.*)

mus. In der Regel sind die Fasern, aus welchen die Hauptmasse dieser Knorpel besteht, dick und rauh, und sie verlaufen unter einander ziemlich parallel. Zwischen diesen Fasern liegen nur wenige Zellen, bisweilen freie Kerne. Die Zellen enthalten einen oder mehre Kerne.

Die chemische Zusammensetzung der Faserknorpel kann unmöglich einfach sein; in so weit sie Zellen enthalten, scheinen sie beim Kochen Chondrin zu geben. Die angegebenen Reactionen stimmen wenigstens mit denen des Chondrins überein [1]. Der

[1]) Zwischenwirbelknorpel der Lendenwirbel eines 23jährigen Mannes, in der breiten Oberfläche parallelen Schnitten aus der Nähe der Peripherie. Die Grundsubstanz besteht aus Fasern, die gruppenweise bei einander liegen; an einzelnen Stellen sieht man nichts als eine Gruppe körniger Substanz. Die Fasern liegen entweder parallel in Bündeln, oder in allerhand Richtungen durch einander, und sie sind hier und da mit Zellen verwebt, die gewöhnlich mehr oder weniger in Reihen liegen, von verschiedener Grösse, und meist mit einem Kern versehen sind, bisweilen mit lauter Zellenkernen, die mit einem durchsichtigen klaren Rande umgeben sind (Fig. 138, a). Es herrscht eine grosse Verschiedenheit zwischen verschiedenen Theilen desselben Gewebes, was auch darin seinen Grund hat, dass die in zwei einander kreuzenden Richtungen verlaufenden Fasern in verschiedener Richtung durchschnitten worden sind. Diese Kreuzung der Fasern findet von oben nach unten unter einem bestimmten Winkel auf die Senkrechte statt. Indess liegen die Fasern bisweilen in grosser Menge zusammen, bisweilen in geringerer Anzahl, so dass im Gegentheil die Zellen vorherrschen. Hier und da bilden die Fasern grosse Maschen, die mit krummen Linien umgeben sind; in diesen Maschen finden sich keine deutliche Elementarformen.

In einem von der Aussenseite parallel der Peripherie geführten Schnitt ist der Verlauf der Fasern geschlängelt, sehr parallel und bündelweise; sie besitzen sehr wenige Zellen oder Kerne; zwischen den Fasern sieht man viele kleine dunkele Theile, die an Kernfasern erinnern.

In einem aus dem mittleren Theil des Zwischenwirbelknorpels genommenen Praeparat (Fig. 138, b), der weich und sanft ist, sieht man in Wasser eine schwach faserige Structur in einer körnigen Masse, und sehr deutliche, in Wasser aufquellende Zellen, von welchen einige drei, andere zwei Kerne, die meisten aber nur einen gut umschriebenen Kern enthalten.

Je mehr man sich der festen Substanz dieses Knorpels nähert, desto faseriger wird er.

Der weiche Theil verändert sich durch Essigsäure wenig, nur dass sich die Kerne der Zellen deutlicher zeigen. Nach 4stündiger Maceration in concentrirter Essigsäure ist das Gewebe wenig verändert.

Zwischengelenkknorpel des Kniegelenks, aus welchem *Müller* durch Kochen Leim erhalten hat, besteht aus Bindegewebe, das mit Kernen durchwebt ist, und gehört nicht zu den Faserknor-

Aus der Peripherie des Knorpels war ein 50 Stunden in concentrirtem Kali macerirtes Stückchen amorph. Durch Zusatz von Wasser löst sich Alles auf, ausser Zellen mit ihren Kernen und einer einzelnen kleinen Gruppe feiner elastischer Fasern (aus dem Bindegewebe, das die Theile dieses Gewebes mit einander verbindet?). Nach längerer Einwirkung des Wassers bleiben auch die Zellen nicht mehr übrig, sondern meist Kerne von Zellen.

Ein aus der Mitte genommenes, 50 St. in Kali macerirtes Stückchen lässt nichts mehr unterscheiden. Auf Zusatz von Wasser wird Alles sehr rasch aufgelöst ausser einigen Zellenkernen.

In einem aus der Peripherie genommenen Stückchen sieht man durch concentrirte Essigsäure keineswegs jenes unmittelbare Aufquellen der Fasern, welches man an den Fasern des Bindegewebes beobachtet. Die Fasern bleiben noch gut zu unterscheiden, während die Zellen mit ihren Kernen deutlicher werden.

In einem der Aussenseite der Zwischenwirbelknorpel der Lendenwirbel eines 22jährigen jungen Mannes entnommenen Stückchen sieht man eine Menge mehr oder weniger gekrümmter, deutlicher, paralleler, starker Fasern, in welchen nichts Anderes vorkommt, was deutlich zu unterscheiden wäre. In kleinen Entfernungen sieht man an diesen Fasern viel weniger durchsichtige Theile.

Nach 4stündiger Maceration in concentrirtem Kali sind die Fasern weniger deutlich sichtbar, aber sie lassen sich noch unterscheiden. Zusatz von Wasser macht sie plötzlich und rasch unsichtbar, als ob sie aufgelöst würden. Sie werden indess nur vorübergehend gallertig und dadurch unsichtbar, denn nach einigen Augenblicken, wenn das Wasser mehr eingewirkt hat, werden die Fasern wieder viel deutlicher, wenn sie sich auch dicker, breiter und durchsichtiger zeigen als vor der Einwirkung des Kali, und sich in schiefen Richtungen in kleinen Entfernungen mit einander verbinden.

Nach 4stündiger Maceration in concentrirter Schwefelsäure wird das Praeparat mehr oder weniger bräunlich, und die Fasern sind aufgequollen, gallertig. Es scheint, als ob die Fasern in wohl begrenzten Bündeln lägen. Durch Zusatz von Wasser wird das Ganze weisslich und unter dem Mikroskop weniger durchsichtig, aber die ursprünglich gesehenen Fasern zeigen sich nicht wieder deutlich. Hier und da zeigen sich in der Richtung der vorigen Fasern dunkle Theile, die auch schon in den nicht angegriffenen zu unterscheiden waren und an die Kerne der Primitivbündel der Muskeln erinnern.

Nach 5stündiger Maceration in concentrirter Essigsäure sind die Fasern, ebenso wie in der Schwefelsäure, zwar nicht verschwunden, aber doch weniger sichtbar und die erwähnten Bündel deutlich zu unterscheiden. Es

peln, wie er glaubte. Er ist etwas undurchsichtiger als Bindegewebe und wird durch Essigsäure auch nicht so durchsichtig wie dieses. Aber die Hauptcharaktere sind doch dieselben wie

sind dicke Bündel, die aus den ursprünglichen, mehr oder weniger aufgequollenen Fasern gebildet sind. Hier und da sieht man geschlängelte isolirte Theile von Fasern, die den Kernfasern ähnlich sind.

An anderen Stellen fehlen diese Bündel, aber man sieht dort deutlicher die faserige Structur.

Wasser verändert das Ansehen nicht.

Zwischen diesen Bündeln findet man ganze Zellenreihen, die parallel mit den Bündeln liegen.

Aus diesen Reactionen geht hervor, dass durchaus kein Zusammenhang zwischen elastischen Knorpeln und diesen Zwischenwirbelknorpeln stattfindet; dass sich im Gegentheil ein eigenes Gewebe in denselben findet, welches zu Bündeln verbunden und faserig ist; dass diese faserigen Theile durch concentrirte Schwefelsäure gallertig, und durch Zusatz von Wasser nicht wieder hergestellt werden, während die Theile, welche die Bündel trennen, nicht angegriffen werden; dass man weiter andere in Schwefelsäure unlösliche Fasern in denselben findet, die an Kernfasern erinnern; endlich Knorpelzellen und vielleicht einige wenige Bindegewebefasern. (*Donders* u. *M.*)

Dr. *Donders* meldet mir über die Faserknorpel noch Folgendes:

Bei der ersten Bildung habe ich sie nicht untersucht. Bei der Geburt ist noch bloss der äusserste Theil etwas fest und hart; der innere Theil ist zu $^2/_3$ noch weich, und ähnelt im äusseren Ansehen sehr dem Glaskörper des Auges.

Ich glaube annehmen zu dürfen, dass ich hier die verschiedenen Entwicklungsperioden dieses Gewebes zu sehen bekomme, wenn ich es von dem inneren ganz weichen Theile nach dem äusseren festen verfolge.

Der innerste, noch ganz flüssige Theil zeigt unregelmässige Gruppen, die aus unregelmässigen Zellen zu bestehen scheinen.

Sobald man hierzu Wasser setzt, das durch diese Zellen aufgenommen wird, kommen sie als rein sphaerische, an einander liegende Zellen zum Vorschein (Fig. 139). Zwischen diesen Zellengruppen (a) bleibt hier und da noch ganz structurloses Cytoblastem (b) übrig.

Jede dieser Zellen hat einen Kern, jeder Kern ein Kernkörperchen. Nirgendwo sind mehre Zellen in einer Zelle eingeschlossen. Am Rande einer solchen Gruppe sah ich einmal einen Kern (1), der nicht von einer Zelle umgeben war.

Mehr nach Aussen lagen die Zellen mehr in Reihen geschaart, und die Intercellularsubstanz fing an, eine körnige oder feinfaserige Structur zu zeigen.

Bei Erwachsenen zeigt das Gewebe in einer den Fasern parallelen Rich-

bei diesem, und sind sehr verschieden von denen der Zwischenwirbelknorpel. (Vgl. für diese Fig. 138, 139 und 140.)

Die elastischen Knorpel lassen sich auf eine sehr charak-

tung ein regelmässiges Ansehen. Die Fasern verlaufen nämlich parallel, und in regelmässigen Entfernungen finden sich zwischen denselben Reihen verlängerter Zellen, Kerne und Kernfasern (Fig. 140), welche die Bündel der Fasern begrenzen.

Ich glaube hieraus ableiten zu dürfen, dass sich für die Zwischenwirbelknorpel erst die Kerne in einem structurlosen Cytoblastem bilden, und dass um jeden Kern sogleich eine Zelle entsteht; dass jede Zelle selbständig und nicht in anderen Zellen gebildet wird; dass die meisten Zellen sich in einer bestimmten Richtung verlängern und sich hierdurch in Reihen legen, während die Intercellularsubstanz allmälig feinkörnig, sodann feinfaserig wird; dass der grösste Theil der Zellen verschwindet und nur Kerne übrig lässt, die sich grösstentheils zu Kernfasern verlängern, während indess das Gewebe immer fester wird.

Beim Kochen kleiner weicher Stückchen der Zwischenwirbelknorpel erhalten diese bald ein gallertiges Ansehen. Nach 5stündigem Kochen waren sie schon grösstentheils aufgelöst, während sich körnige Kerne und nur sehr wenig Zellen in der klaren filtrirten Flüssigkeit fanden. In den noch übrig bleibenden Stückchen konnte man kaum noch die Fasern unterscheiden.

Grössere Stücke von Zwischenwirbelknorpeln wurden 2 × 24 St. gekocht, und waren noch nicht ganz aufgelöst. In der Flüssigkeit zeigten sich wieder einige, meist körnige Kerne, und kaum eine einzige Zelle.

Die erhaltene Auflösung wurde verdampft, der feste Rückstand mit Alkohol ausgezogen, in welchem er wie ein Schwamm aufquoll, und sodann auch mit Aether ausgezogen.

Die Reactionen sind nur wenig von denen des Chondrins verschieden; es sind die folgenden:

Mit Gerbsäure	Nur ein geringes Praecipitat.
„ Essigsäure	Ein starker Niederschlag, der im Ueberschuss grösstentheils verschwindet.
„ Salzsäure	Ein Niederschlag, der in überschüssiger Säure ganz verschwindet.
„ basisch essigsaurem Blei .	Ein gallertiger Niederschlag.
„ essigsaurem Blei . . .	Ein weisser, flockiger Niederschlag.
„ Eisenkaliumcyanür .	Kein Niederschlag.
„ Eisenkaliumcyanid . .	Kein Niederschlag.
„ Platinchlorid	Ein starkes Praecipitat, das im Ueberschuss nicht verschwindet.
„ Alaun	Ein zusammenhängend flockiger Niederschlag, der im Ueberschuss nicht verschwindet.

teristische Weise von den beiden bis jetzt genannten Arten unterscheiden. Die Hauptmasse derselben besteht aus einem dichten Netze sehr feiner elastischer Fasern (Fig. 143), zwischen welchen sehr viele isolirte, nicht in Gruppen zusammengeschaarte Zellen eingeschlossen sind (Fig. 141 und 142). Letztere geben beim Kochen Chondrin. In so weit sich also Zellen in denselben finden, sind diese elastischen Knorpel mit den wahren, welche dieselben Zellen und also auch dieselbe Substanz, aus welcher diese Zellen gebildet sind, zu enthalten scheinen, zu vergleichen. Aber die elastischen Knorpel sind dadurch wesentlich von den wahren verschieden, dass die Menge der elastischen Fasern, die in denselben vorkommen, durch Kochen nicht in Chondrin zu verändern sind, sondern unverändert bleiben [1]).

Mit schwefelsaurer Thonerde	Ein weniger starkes Praecipitat, das sich im Ueberschuss auflöst.

Uebrigens wie Chondrin, nur dass Leim der Zwischenwirbelknorpel mit Eisenchlorid ein reichliches Praecipitat giebt. (*Donders*).

[1]) Der elastische Knorpel des Ohrs (von demselben Individuum, von welchem die Rippenknorpel untersucht wurden) zeigt zunächst dies Eigenthümliche, dass er einen allmäligen Uebergang oder lieber eine Verschmelzung der Haut mit dem Knorpelgewebe darstellt, so dass die in Essigsäure deutlicher werdenden und die in Kali oder Schwefelsäure nicht leicht löslichen Fasern der Haut (Fig. 141, 1), die sich also wie elastisches Gewebe verhalten, mit dem Knorpelgewebe allmälig zusammenfliessen (2). Diese Fasern weichen allmälig aus einander, schliessen immer mehr Knorpelkörperchen ein, und gehen unmerklich in die Fasern des Faserknorpels über. Dieser zeigt sich folgender Weise:

Das ganze Gewebe besteht aus dicht an einander grenzenden Zellen, mit eingeschobenen, hier und da kreisförmig um die Zellen verlaufenden Fasern (Fig. 141 und 142). Die zwischen die Zellen eingeschobenen Fasern scheinen hier und da abgebrochen und kürzer, vielleicht aber biegen sie sich in die Tiefe. Die Fasern sind dunkel.

Die Zellen sind rundlich, in jeder Zelle giebt es meistens einen Kern, bisweilen zwei oder mehre, oder aber statt derselben kleine Fettzellen. Die in den Rippenknorpeln erwähnten Knorpelkörperchen, in welchen dort die Zellen eingeschlossen sind, finden sich hier nicht. Auf chemische Weise lassen sich die Zellen der Ohrknorpel nicht isoliren, so wie dies bei den Rip-

Da der elastische Ohrknorpel beim Kochen sehr wenig Chondrin giebt, und die Knorpelzellen beim Kochen träge aufgelöst werden, so geht daraus hervor, dass bei wahren Knorpeln die Zwischensubstanz durch Auskochen aufgelöst wird,

penknorpeln durch Kali und Schwefelsäure gesehen wurde. In den Zellenkernen findet man bisweilen ein Kernkörperchen.

Nach 5stündiger Maceration in concentrirter Kalilauge verschwinden die Zellen mit ihrem Inhalte, nachdem man reichlich Wasser zugesetzt hat, gänzlich, und lassen an der Stelle der Zellen Oeffnungen, während die übrige Masse aus höchst feinen, netzförmig verwebten Fasern besteht, die durchaus nicht aufgelöst werden (Fig. 143). Diese letzteren verhalten sich in dieser Reaction, sowie in den anderen, ganz wie elastische Fasern. Die von der Haut herrührenden und dort geschlängelten Fasern verflechten sich dort, wo sie Zellen aufnehmen, netzförmig mit einander und lassen Maschen zurück, in welchen die Zellen eingeschlossen werden. Das ganze elastische Knorpelgewebe besteht also aus einem Lager elastischer Fasern und aus Zellen, deren Reaction der der wahren Knorpel gleich ist. Die Zellen der elastischen Knorpel sind aber darin von denen der wahren zu unterscheiden, dass sie weniger verlängert sind, weniger Fettzellen und meistens einen Kern mit einem Kernkörperchen haben. Auch scheinen sie in Kali leichter löslich zu sein.

Die elastischen Fasern, die in den elastischen Knorpeln vorkommen, sind schwer zu unterscheiden; aber dies rührt nur daher, dass sie dichter mit einander verwebt sind; nachdem man sie mit Kali und Wasser behandelt hat, zeigen sie ein feines Netz (Fig. 143). Nachdem das Gewebe in concentrirtem Kali gelegen hat und der Zellen beraubt worden ist, ist es noch elastisch, sowie sich das aus dem Lig. Nuchae ebenfalls zeigt. Nach vieltägiger Maceration in concentrirtem Kali verhalten sie sich wieder wie die aus dem Lig. Nuchae; sie werden gallertig, theilen sich in kleine Körner und werden in Wasser löslich.

Nachdem er 7 St. in concentrirter Schwefelsäure gelegen hat, zeigt sich der elastische Knorpel des Ohrs bräunlich gallertig und aufgequollen. Durch Zusatz von Wasser zieht er sich wieder zusammen, er wird weiss und elastisch, aber weich, und zeigt sich unter dem Mikroskop wie eine zusammengedrängte Masse ohne Zellen. Die Stellen, an welchen die Zellen lagen, sind viel kleiner geworden; die elastischen Fasern haben sich vermöge ihrer Elasticität zusammengezogen und die an den Stellen der früheren Zellen entstandenen Oeffnungen eingeschnürt Während also die Zellen durch Schwefelsäure und Wasser mit Zurücklassung eines körnigen Inhalts aufgelöst werden, bleiben die Fasern undurchsichtig zurück, sowie dies elastisches Gewebe unter diesen Umständen thut.

Ein Stückchen, das 7 St. in concentrirter Essigsäure gelegen hat, hat

und dass man also eine ziemlich reine Auflösung von Chondrin erhält, wenn man das Kochen nicht zu lange fortsetzt.

Unter dem Namen Knorpel kommen noch andere Gewebe vor, die sich weder auf die wahren noch auf die Faserknorpel zurückführen lassen. Dahin gehört zunächst ein aus wahrem Knorpelgewebe, Faserknorpelgewebe (oder elastischem Ge-

die Zellen behalten, und die Fasern sind ebenfalls unverändert. Es ist keine wesentliche Veränderung in demselben vor sich gegangen, nur dass in den Zellen sehr grosse Kerne liegen, mit einem sehr deutlich zu unterscheidenden Kernkörperchen.

Elastischer Knorpel des Kehldeckels, welchen man für identisch mit dem des Ohres hält, zeigt sich unter dem Mikroskop wie ein ähnliches Fasernetz, in welchem sehr durchsichtige Zellen eingeschlossen sind. Die Fasern lassen sich hier besser unterscheiden, indem sie Zwischenräume übrig lassen; die Zellen liegen weniger dicht bei einander als im Ohr, sind mit deutlichen Kernen versehen und bisweilen mit kreisförmigen Linien um den Kern als Mittelpunkt. Die zwischen den Zellen liegenden Fasern zeigen eine Verschmelzung mit denen, welche den Faserknorpel umgeben. Auf den Grenzen sieht man lauter Kerne ohne Zellen. In den Zellen sind wenige Fettbläschen enthalten, und die Zellen sind überhaupt sehr klar und durchsichtig.

Nach 2stündiger Maceration in concentrirtem Kali lässt sich das Gewebe schlecht unterscheiden; wenn man Wasser zusetzt, quillt es stark und rasch auf, die Zellen werden gelöst, die Fasern um dieselben bleiben aber unverändert.

Es besteht also kein wesentlicher Unterschied gegen den Faserknorpel des Ohrs.

Gelenkknorpel des Unterkiefergelenks von der Oberfläche unter der Membrana serosa.

Nahe beisammen liegende, zahlreiche, durch Fasern getrennte Zellen, in jeder Zelle ein Kern, und in diesem Kern häufig ein Kernkörperchen, gradeso wie im Ohrknorpel; vielleicht liegen die Zellen in dem genannten Knorpel etwas näher bei einander.

Nachdem er 50 St. in concentrirtem Kali gelegen hat, lässt er sich als solcher nicht gut unterscheiden. Durch Zusatz von Wasser wird Alles aufgelöst, ausser einigen elastischen Fasern. Durch Essigsäure ziehen sie sich zu einer Gruppe zusammen, so wie gewöhnlich das elastische Gewebe.

Den Gelenkknorpel auf dem Condylus des Unterkiefers fanden wir bei der Kuh zum grössten Theil aus wahrem Knorpel gebildet, mit meistens runden Knorpelkörperchen, ähnlich denen des Septum cartilagineum der Nase des Menschen. (*Donders* und *M.*)

webe) und leimgebenden Gewebe gemischtes Gewebe, wie sich dieses z. B. im Meniscus des Unterkiefergelenks zeigt [1]).

Knochengewebe.

Bei vielen Thieren findet man gewisse Stützen der Weichtheile, welche zur Ortsbewegung, zum Schutze und zu anderen Zwecken dienen. Wenn sie aus harten Substanzen, aus Kalksalzen, die durch leimgebendes Gewebe verbunden sind, bestehen, so heissen sie Knochen.

Die Structur derselben ist sehr verschieden; sie theilen aber alle mit einander die Eigenschaft, dass Kalksalze in einem Gewebe, das beim Kochen Leim giebt, eingeschlossen sind. Die Structur wird in vieler Hinsicht durch die Form der Knochen bestimmt. Die langen Knochen haben in ihrer Mitte Markhöhlen, während die aus mehr lockerem Gewebe bestehenden Enden mit dem Inneren der platten Knochen übereinstimmen. Die äussersten Schichten dieser letzteren sind dicht; zwischen diesen Schichten aber, deren Gewebe sich dem harten Gewebe der

[1]) Der Meniscus des Unterkiefergelenks zeigt viele Bündel dunkler Fasern, die in verschiedenen Richtungen mit einander verwebt sind und zwischen welchen zerstreute (bisweilen in Gruppen zusammenliegende) Faserknorpelzellen vorkommen.

Nach 50stündiger Maceration in Kali kommen, wenn man Wasser zusetzt, eine Menge feiner Fasern zum Vorschein, die sehr durchsichtig sind und sich wie elastische Fasern verhalten, die dem Bindegewebe angehören, und ausserdem einige, obgleich wenige Zellen. Durch diese Reaction reiht sich dieser Knorpel an den elastischen Ohrknorpel. Nach Auswaschen mit Wasser sind die Zellen ganz aufgelöst, und nur die elastischen Fasern übriggeblieben, die durch Essigsäure dunkler werden.

Durch concentrirte Essigsäure wird das Praeparat durchsichtiger, und zeigt quer durchschnittene dicke Bündel, die hier und da aufgequollenem Bindegewebe ähneln, das mit elastischen Fasern durchwebt ist.

Nach diesen Beobachtungen bestehen diese Menisci aus leimgebendem, elastischem und Knorpelgewebe, wenn man die Zellen berücksichtigt. (*Donders* und *M.*)

runden Knochen nähert, liegt ein mehr lockeres Gewebe, das mit der schwammichten Masse der Enden der langen Knochen übereinstimmt. Diese zellige Masse besteht aus festem Knochengewebe, in welchem kleine, mit einander in Verbindung stehende Höhlen gefunden werden.

Nach Innen hängen sie in langen Knochen mit den Markhöhlen zusammen, nach Aussen stehen sie in der festeren Knochensubstanz mit kleinen cylindrischen Kanälchen, die man Markkanälchen nennt und die in den runden Knochen der grossen Markhöhle parallel laufen, in Verbindung (Fig. 149, 1). Sie sind auch unter einander durch quere Kanälchen verbunden (2), und bilden ein netzförmiges System von Kanälchen in der festen Knochenmasse. Nach Innen werden diese Kanälchen weiter, und sie gehen in die Zellen über, welche die grossen Markhöhlen begrenzen. Durch die grosse Zahl dieser Kanälchen zeigt sich die feste Knochensubstanz auf dem Längenschnitt linienförmig. Diese Kanälchen sind ganz oder theilweise mit einer fettigen Substanz erfüllt, die wahrscheinlich mit dem Mark der Knochenhöhle übereinstimmt, und ausserdem liegen in denselben Blutgefässe eingeschlossen.

Diese Markkanälchen liegen in kleinen Entfernungen von einander (Fig. 146), und wie sie auf der einen Seite mit den Markzellen der grossen Markkanäle in den langen Knochen zusammenhängen und auch unter einander in Verbindung stehen, so hängen sie nach Aussen mit den Gefässen des Periosteums zusammen.

Von der Peripherie des Querschnitts eines solchen Markkanälchens (Fig. 147) gehen gewissermaassen strahlenförmig Linien aus, und in einer gewissen Entfernung der durchschnittenen Markkanälchen findet man kreisförmige oder elliptische Ringe, die eben so vielen Lamellen entsprechen, deren gemeinschaftliches Centrum das Markkanälchen ist.

In den elliptischen Ringen um die Markkanälchen liegen kleine Höhlen (Fig. 147, 1); Knochenkörperchen, besser Knochenzellen oder Knochenhöhlen genannt. Es sind

verlängerte kleine Räume, die mit vielen strahlenförmigen feinen Strichen versehen sind (vgl. diese Strahlen in Fig. 144, 2 und 145, 3) und mit ihrem Längendurchmesser in der Richtung der concentrischen Ringe um das quer durchschnittene Markkanälchen liegen. Auf dieser krummen Linie liegen sie in regelmässigen Entfernungen, und um dieselben eine zweite und eine dritte Reihe (Fig. 147). Sie enthalten nach Einigen eine körnige Substanz, die sich in verdünnter Salzsäure unter Aufbrausen auflöst, und die man als ein in eine Höhle abgelagertes Praecipitat von Knochensalzen betrachtet. Da sie aber in venedigschem Terpenthin sichtbar werden, scheint man sie vielmehr für Höhlen halten zu müssen, in welche der Terpenthin, der die übrige Masse durchdringt, nicht eindringen kann, in welchen Höhlen indess wirklich kohlensaurer Kalk vorkommen kann.

Zwischen den Markkanälchen und den genannten Knochenzellen liegt mit Knochensalzen verbundenes leimgebendes Gewebe; dies zeigt sich als sehr compact auf einander liegende Plättchen, die aus einer innigen Verbindung der leimgebenden Substanz mit Knochensalzen bestehen. Dieser Theil der Knochensubstanz ist fein körnig und halb durchsichtig (Fig. 145, 2) [1].

[1]) Oberschenkel des Menschen. Ein dünn geschliffener Querschnitt zeigt (Fig. 146) runde oder ovale Oeffnungen (1, 2, 3, 4) als Durchschnitte der Markkanälchen, die an vielen Stellen durch dunkle Rinnen (5) verbunden sind; es sind dies die queren Markkanälchen, die mit den Längenkanälchen durch die ganze feste Substanz des Knochens hindurch ein Netz bilden. Die Zahl der Durchschnitte der Längenkanälchen nimmt nach Innen (3, 4) zu, und sie werden auch in der Regel grösser. Man unterscheidet zwei Systeme von Knochenplättchen: das eine parallel der Oberfläche (6), das andere concentrisch um die Markkanälchen (7). Die äussersten Knochenplättchen verlaufen alle parallel der Oberfläche des Knochens; auch besitzen die in der Nähe der Oberfläche liegenden Markkanälchen (1, 2) nur eine kleine Zahl concentrischer Knochenplättchen, oder diese fehlen gänzlich.

Zwischen den Knochenplättchen sieht man kleine, meistens längliche, dunkle Flecken (Fig. 144, 1) (Knochenkörperchen, Knochenhöhlen, Knochenzellen), die, wenn man die Focaldistanz vergrössert, bald ihr dunkles Aussehen verlieren, also nicht undurchsichtig sind, und bei auffallendem Licht

Alle mit verdünnter Salzsäure ausgezogene Knochen lassen leimgebendes Gewebe von der Form der Knochen zurück, das grösstentheils der Knochensalze beraubt, biegsam und

weiss aussehen. Durch dicken venedigschen Terpenthin werden sie anfänglich dunkler, und es zeigt sich da am deutlichsten eine Menge verästelter Strahlen (2), die nach allen Richtungen von denselben ausgehen und sich mit denen der benachbarten Knochenhöhlen verbinden. Dünner Terpenthin dringt bald in die Knochenhöhlen und in die feinen Kanälchen, welche von denselben ausgehen, wodurch sie fast ganz unsichtbar werden.

Zwischen den um die Markkanälchen liegenden Knochenplättchen finden sich ähnliche kleine Knochenhöhlen, deren Strahlen sich durch die Knochenplättchen nach dem Markkanälchen hinziehen (Fig. 147).

Auf dem Längenschnitt zeigen sich die kleinen Knochenhöhlen ebenfalls meist länglich oder oval.

Parallel der Oberfläche nähern sie sich meistens der runden Form. Sie haben also eine linsenförmige Gestalt, und sind mit ihren breiten Oberflächen den Knochenplättchen zugewendet. Sie sind wie Zellen oder zellige Räume zu betrachten, die zwischen den Knochenplättchen abgeplattet sind.

P f l u g s c h a a r b e i n d e s M e n s c h e n. In dem dünneren Theil des Pflugschaarbeins beobachtet man ohne weitere Praeparation die Knochenhöhlen schon sehr deutlich, obgleich sich hier noch mehre Schichten finden. Schleift man dieses Stückchen ein wenig, dann zeigen sich die Knochenhöhlen (Fig. 145, 1) parallel der Oberfläche meistens rund oder wenig oval. Hier namentlich sieht man deutlich, dass sie hohl sind; durch Zusatz von Wasser werden sie schon durchsichtiger, als die übrigen Theile, die ein feinkörniges Ansehen haben (2). Durch dicken venedigschen Terpenthin kommen sie im Anfang namentlich sehr deutlich zum Vorschein, und zeigen sich die von denselben ausgehenden Strahlen (3) deutlich wie Kanälchen, allmälig aber, während diese Flüssigkeit in die Höhlen eindringt, werden sie undeutlicher und verschwinden dem Auge fast ganz; dies geschieht fast unmittelbar, wenn man dünneren Terpenthin anwendet. Man kann zwischen zwei Glasplättchen unter dem Mikroskop deutlich beobachten, wie der Terpenthin weiter fliesst.

O b e r s c h e n k e l k n o c h e n d e s M e n s c h e n, mit verdünnter Salzsäure ausgezogen. Auf dem Querschnitt der festen Substanz sieht man die beiden Systeme der Knochenplättchen viel deutlicher (Fig. 146). Sie zeigen sich bei starker Vergrösserung als abwechselnde dunklere und hellere Linien; ebenso auf dem Längenschnitt (Fig. 148). Die Knochenhöhlen sehen weniger dunkel aus, sind aber gut zu unterscheiden; an den verschiedenen Durchschnitten sieht man jetzt auch, dass sie meistens eine linsenförmige Gestalt haben; in einzelnen derselben sieht man ein oder mehre kleine Körperchen (Fig. 148, 3).

durch Kochen mit Ausnahme der Gefässhäute u. s. w. fast ganz in Leim zu verwandeln ist. Die lamellenförmige Structur ist so deutlich ausgesprochen, dass man die Plättchen mit einem spi-

Die Strahlen der Knochenhöhlen sind in den concentrischen Knochenplättchen um die Markkanälchen sehr deutlich; sie scheinen jetzt nicht mehr gekrümmt zu verlaufen, wie dies vor dem Ausziehen mit Salzsäure der Fall war (Fig. 147).

Auf dem Längenschnitt zeigen sich die Knochenhöhlen (Fig. 148, 1) oval, und die Knochenplättchen (2) scheinen von feinen parallelen Kanälchen durchbohrt, die wahrscheinlich nichts Anderes sind, als die von den Knochenhöhlen ausgehenden feinen Kanälchen.

Bei einer schwächeren Vergrösserung beobachtet man auf dem Längenschnitt die länglichen Markkanälchen (Fig. 149, 1), die nicht selten durch seitliche Aeste (2) unter einander verbunden sind.

Das Wadenbein des Menschen, mit Salzsäure ausgezogen, zeigt in jeder Hinsicht dasselbe. Auf dem Längenschnitt sieht man, dass die länglichen Markkanälchen hier weniger durch quere verbunden werden, als im Oberschenkel.

Der mit Salzsäure ausgezogene Oberschenkel des Frosches zeigt auf dem Querschnitt nur ein centrales Markkanälchen. Dieser ganze Knochen lässt sich wie ein einziges Markkanälchen mit dessen concentrischen Knochenplättchen betrachten; sehr deutlich sind die Strahlen, die vom Markkanälchen ausgehen und die Knochenplättchen durchbohren. Die Knochenhöhlen sind in der Nähe der Oberfläche sehr gross, und enthalten meistens deutliche Kerne, bisweilen sogar Zellen.

Oberschenkelknochen des Menschen, mit Salzsäure ausgezogen. In einem dünnen Querschnitt, der $5\frac{1}{2}$ St. in concentrirtem Kali gelegen hat, sind die Linien, welche die Knochenplättchen begrenzen, körnig geworden, aber deutlich zu unterscheiden. Die Knochenhöhlen sind nicht sichtbar. Durch Zusatz von Wasser werden die Grenzen der Knochenplättchen weniger scharf; die Knochenhöhlen (Fig. 150, 1) werden dagegen deutlich sichtbar, quellen etwas auf, und zeigen alle einen oder mehre in einer Reihe liegende Kerne, bisweilen auch eine Zelle (2). Sie erinnern an die Knorpelkörperchen vor der Verknöcherung, und liegen zwischen den Knochenplättchen in Reihen, ebenso wie die Knorpelkörperchen in der Nähe der verknöcherten Stellen bei der Ossification.

Ein der Oberfläche paralleler Durchschnitt ist, nachdem er 5 St. in concentrirtem Kali gelegen hat, sehr weich. Die Knochenhöhlen sind ohne Zusatz von Wasser zu sehen, haben eine runde Gestalt und ein körniges Aussehen. Durch Zusatz von Wasser löst sich fast Alles auf, nur bleiben kleine Körperchen übrig, die sich wie Knochenhöhlen ausnehmen; diese scheinen also wenigstens theilweise eigene Wände zu besitzen und Zellen zu sein. Eine

tzen Körper von einander entfernen kann, sowohl die, welche um die Markkanälchen liegen, wie die, welche denselben nicht angehören. In den ausgezogenen Knochen sieht man Höhlen der Markkanälchen und der Knochenzellen [1]).

Man denke sich also das Knochengewebe als zwei Systeme von Plättchen, von denen die einen (Fig. 146, 7) um die der Achse des Knochens parallelen Markkanälchen, wie einige

derselben wälzte sich in der Flüssigkeit und zeigte sich auf der einen Seite sehr schmal. Sie quellen also nicht zu runden Zellen auf, vielleicht weil ihre Wände durchbohrt sind.

Ausser den Knochenzellen sah man bei der Beobahtung eines der Oberfläche parallelen Durchschnitts grössere, rundliche, frei schwimmende Körperchen, die eine zellige Structur zeigen und undurchsichtig sind. Diese rühren wahrscheinlich vom Inhalte der Markkanälchen her und dürfen nicht mit den Knochenzellen verwechselt werden.

Ein Querschnitt zeigt nach 5stündiger Maceration in Kali ziemlich grosse an einander gereihte Kügelchen, namentlich in der Nähe der Markkanälchen. Sie haben eine ungleiche Grösse und sind ohne Zweifel für Seifenkügelchen zu halten, die aus dem Kali und dem Fett der Markkanälchen gebildet und in überschüssigem Kali unlöslich sind.

Ein Querschnitt, der 5 St. lang in concentrirter Schwefelsäure gelegen hat, ist grösstentheils durchsichtig geworden, ausser an den Stellen, an welchen sich Markkanälchen finden; die Structur ist nicht zu sehen. Durch Zusatz von Wasser verschwinden die Knochenhöhlen wieder, und zeigen alle einen oder zwei Kerne, bisweilen eine Reihe von Körnchen. (*Donders* und *M.*)

[1]) *Von Bibra* hat das leimgebende Gewebe der Knochen analysirt (Ann. d. Chem. und Pharm. April 1844, S. 151) und dafür gefunden:

	Fossile Knochen.	Ochsenknochen.
C	50,401	50,130
H	7,111	7,073
N	18,154	18,449
O	24,335	24,348.

Dies ist die von *Scherer* gefundene Zusammensetzung des leimgebenden Gewebes (vgl. S. 335).

Diese Versuche haben aber ebenso wie die *Scherer*'schen Analysen des leimgebenden Gewebes zu viel Wasserstoff ergeben.

Von Bibra hat in seinem neulich erschienenen Werke, die Knochen und Zähne, einen wichtigen Beitrag zur Kenntniss der Knochen geliefert, und ausser mehren anderen Analysen dieses leimgebenden Gewebes auch noch mitgetheilt (S. 396), dass sich in der leimgebenden Substanz der Knochen im Durchschnitt 0,216 % Schwefel findet, welcher Schwefel in gekochtem Leim nicht enthalten ist.

hohle Cylinderchen in einander stehen, und zwischen denen eine Menge verästelter Zellen liegt; während die andere Reihe von Plättchen (6) die Kanälchen und Zellen auskleidet und mit einander verbindet. Die Grundsubstanz der weichen Knochenmasse kann indess wie ein zusammengedrängtes amorphes Bindegewebe betrachtet werden, in welchem sich Zellen und Gefässe finden. Die Zellen bilden die sogenannten Knochenkörperchen und sind mit den Knorpelzellen zu vergleichen, die amorphe Grundsubstanz mit der der Knorpel, während bei der um die Gefässe stattfindenden Verknöcherung Kanälchen übrig bleiben.

Von der Form des Knochengewebes findet man also den Typus in wahrem Knorpelgewebe, das Blutgefässe erhalten hat.

Das Knochengewebe ist in der grossen Markhöhle der runden Knochen sehr locker und mit grossen Höhlen versehen. Man findet hier eine Menge Blutgefässe und zugleich viele Fettzellen zusammengehäuft. Das Mark erfüllt die Markkanälchen der ganzen festen Knochenmasse. Das Fett ist in der Regel flüssiger als das an den sonstigen Stellen des thierischen Körpers vorhandene, und enthält eine reichliche Menge Elain. In den schwammichten Enden und in den lockeren Theilen der platten Knochen wird dieses Fett zu einem grossen Theil durch eine röthliche, halbflüssige Masse vertreten, deren Zusammensetzung man noch nicht gut kennt. Es kommt, wie es scheint, eine grosse Menge extractartiger Substanzen in denselben vor.

Es treten Arterien in die Knochen ein, und Venen kommen heraus. Sie verbreiten sich durch die ganze Substanz des Knochens, nachdem sie erst in die Markhöhlen gelangt sind und sich von dorther durch die obengenannten Knochenkanälchen vertheilt haben. Ausser auf diese Weise dringen von dem die Knochen äusserlich überziehenden Periosteum viele kleine Arterien in die feste Knochensubstanz, und ziehen sich in den kleinen Kanälchen durch die Masse hindurch, indem sie sich mit den ebengenannten Gefässen verbinden.

Es giebt zweierlei Knochensalze: die, welche dem Blut, dem

Mark und den andern weichen oder flüssigen Theilen angehören und also nicht wesentlich sind, und die, welche einen Theil der eigentlichen Knochen ausmachen. Letztere sind: phosphorsaurer Kalk 8 CaO, 3 P^2O^5, ein Salz, das nach *Graham* durch die Formel 3 P^2O^5, 8 CaO, H^2O ausgedrückt wird, und also wie P^2O^5, 3 RO zu betrachten ist; kohlensaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, kohlensaure Magnesia und Fluorcalcium, letzteres in sehr geringer Menge. Phosphorsaurer Kalk bildet die grösste Menge desselben; dann folgt kohlensaurer Kalk; die andern sind in viel geringerer Menge vorhanden. Die relative Quantität dieser Salze ist in verschiedenen Knochen und in den verschiedenen Lebensaltern sehr verschieden. *Berzelius* fand in 100 Th. Menschenknochen 33,3 organische Substanz und 66,7 anorganische, von welcher letzteren 53,04 phosphorsaurer Kalk, 11,30 kohlensaurer Kalk, 1,16 phosphorsaure Magnesia und 1,20 in Wasser lösliche Salze des Bluts u. s. w. waren. Von den 33,3 Th. organischer Substanz waren 1,13 in kochendem Wasser löslich, und also Gefässhäute u. s. w. Der Rest war leimgebendes Gewebe und der in Wasser lösliche Theil des Marks. Die Menge organischer Substanz wird für verschiedene Knochen verschieden angegeben, und z. B. mehr Kalksalz in den festen Theilen der runden Knochen, weniger dagegen in den weicheren; so fand *Frerichs* in

	schwammichter		compact. Knochensubst.	
Organische Substanz	38,22	37,42	31,46	30,94
Phosphorsaurer Kalk	50,24	51,38	58,70	59,50
Kohlensaurer Kalk	11,70	10,89	10,08	9,46.

Von Bibra hat darüber eine grosse Menge Analysen angestellt (vgl. „die Knochen“ u. s. w.).

In der Rhachitis wird die Menge der Kalksalze geringer und dadurch werden die Knochen biegsam, in höherem Alter grösser und dadurch die Knochen spröde [1]).

[1]) Mehre Chemiker haben Knochen analysirt. *Marchand* Journ. für prakt. Chemie, Bd. 27, S. 86; *Nasse* ibid. S. 274; *Frerichs* Ann. d. Chem. und Pharm., Bd. 43, S. 251; *Rees* phil. Mag. 1840, Jan.

Dass das leimgebende Gewebe vor der Verknöcherung Chondrin und keinen Leim giebt, wurde schon S. 343 erwähnt. In diesem Chondringewebe, (wahrem Knorpelgewebe) bilden sich Blutgefässe, und von hier aus fängt eine doppelte Veränderung an, eine Veränderung des chondringebenden Gewebes in leimgebendes und zugleich eine Ablagerung von Knochensubstanz. Diese beiden Veränderungen gehen Hand in Hand. Sie werden in den Rippenknorpeln ebenfalls beobachtet, und stehen also in ursächlichem Zusammenhang. Welcher Art aber dieser Zusammenhang sei, ist jetzt noch unbekannt. So viel steht fest, dass mit der Entwicklung der Blutgefässe in Knorpeln die Substanz, welche diese bildet, weich und reichlich mit Flüssigkeit getränkt wird, und dass durch diese Vorbereitung des Stoffwechsels die Grundsubstanz der Knochen von Chondrin in Leim verwandelt wird und zur nämlichen Zeit Knochensalze aus dem Blute zugeführt werden, die in das sich bildende leimgebende Gewebe abgelagert werden.

Die Art und Weise, in welcher die anorganischen Bestandtheile der Knochen mit dem leimgebenden Gewebe verbunden sind, lässt sich aus den Quantitäten der anorganischen und organischen Bestandtheile der Knochen nicht ableiten, weil ausser anderen Salzen auch kohlensaurer Kalk in denselben gefunden wird, der mit dem leimgebenden Gewebe gewiss keine chemische Verbindung eingeht. Es kann hier bloss der phosphorsaure Kalk in Betracht kommen, und es scheint dies wirklich nach Versuchen von *Frerichs* [1]) und *von Bibra* [2]) der Fall zu sein, wenn auch die Analysen der aus Leim und phosphorsaurem Kalk gebildeten Verbindungen nicht alle übereinstimmen. *Frerichs* erhielt aus einer Auflösung von Knochenleim und aus phosphorsaurem Kalk der in Salzsäure gelöst und durch Ammoniak gefällt war, Leimquantitäten von 28,2 — 27,4 — 24,4 %, während die von mir für Leim angegebene Formel

1) Ann. d. Chem. und Pharm., Sept. 1842, S. 252.

2) „Die Knochen." S. 62.

26,2 % Leim in dieser Verbindung geben muss. *Von Bibra* erhielt 23,25 — 24, 7 %.

Es scheint also in der That, wenn der Versuch mit den gehörigen Vorsichtsmassregeln angestellt wird, eine constante Verbindung von Leim und phosphorsaurem Kalk zu bestehen, die in der Voraussetzung, dass die von *Graham* für den phosphorsauren Kalk angegebene Zusammensetzung richtig ist, 1 Aeq. Leim $= C^{13} H^{20} N^4 O^5$ anstatt $H^2 O$ enthalten kann, und also statt $3 P^2 O^5 + 8 CaO, H^2 O$ wie
$3 P^2 O^5 + 8 CaO, C^{13} H^{20} N^4 O^5$ zu betrachten ist.

Hierbei muss ich bemerken, dass ich keinen einzigen Versuch hierüber angestellt habe, wie *von Bibra* (S. 63) zu glauben scheint, sondern dass ich im Gegentheil diesen Schluss aus seinen und den *Frerichs*'schen Versuchen abgeleitet habe.

Es ist also aller Grund vorhanden, dafür zu halten, dass der phosphorsaure Kalk mit der leimgebenden Substanz der Knochen chemisch verbunden sei, wenn auch die Bestimmung dieser Verbindung in den Knochen Schwierigkeiten hat, die sich vielleicht nicht ganz werden beseitigen lassen.

Ueber die Stelle, an welcher sich der kohlensaure Kalk in den Knochen findet, ist man noch nicht entschieden. *Von Bibra* (S. 45) glaubt mit seinen Vorgängern, dass dieses Salz in den Knochenkörperchen enthalten sei, und dass es sich ausserdem in deren Verästelungen finde.

Die Sache lässt sich schwer entscheiden. Bis jetzt hat man noch kein constantes Verhältniss zwischen dem phosphorsauren Kalk und der leimgebenden Substanz gut entwickelter Knochen aufgefunden; und wenn es zwischen denselben nur eine chemische Verbindung gäbe, so müsste sich dies doch in allen Knochen finden.

Die bisher angestellten Analysen der Knochen lehren indess kein so einfaches Verhältniss. Allein wenn sie dies auch ergäben für gut entwickelte Knochen, so wäre die Frage, wie die Knochen im Alter, in welchem die Menge des phosphorsauren Kalks stets zunimmt, chemisch zusammengesetzt wären. Es

könnten andere Verbindungen als von 1 Aeq. phosphorsaurem Kalk und 1 Aeq. Leim bestehen, und im hohen Alter z. B. allmälig eine basische Verbindung zu Stande kommen. Endlich hat man weder davon Rechenschaft gegeben, wie der kohlensaure Kalk in den Knochen enthalten ist, noch von der Art und Weise, in welcher sich die anderen Salze ausser phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk in denselben finden.

Fettgewebe.

Sowie die bisher erwähnten Elementargewebe des thierischen Körpers, so hat man auch das Fett in dem eigentlichen Sinne des Worts organisirt zu nennen. Es ist nicht frei in den Höhlen des Bindegewebes eingeschlossen, und kein Secret desselben, sondern in eigenen Zellen enthalten, die sich selbständig in den Höhlen des Bindegewebes finden. Die Fettzellen sind von allen Seiten geschlossene, häutige Säckchen, deren oft eine grosse Menge in einer einzigen Höhle des Bindegewebes enthalten ist. Sie sind rund, mit einer sehr glänzenden Oberfläche, haben einen rein weissglänzenden Rand, und sind demnach wie kleine selbständige Organe zu betrachten. Die Fettzellenhäutchen hängen gewöhnlich wie Träubchen an kleinen Aestchen der Blutgefässe, die sich in dem äussersten Häutchen in Haargefässe auflösen; sie sind im lebenden Organismus mit flüssigem Fett gefüllt, das, wenn man es z. B. durch Aether aus denselben entfernt, kristallisirt.

Man unterscheidet die Fettzellen leicht von Fetttropfen dadurch, dass sich die letzteren vereinigen lassen und nicht kugelrund, sondern linsenförmig sind. Die Fetttröpfchen haben eine verschiedene Grösse, während diese für die Fettzellen desselben Organs mehr gleichmässig ist (Fig. 151).

Das Zellenhäutchen der Fettzellen ist meistens sehr dünn, und bisweilen mit einem, selten mit zwei Kernen versehen; in einzelnen Fällen, nach *Todd* und *Bowman* bei der Abmagerung, gehen von einem Punkte der Oberfläche strahlenförmige Linien

aus, die für Kristalle eines festen Fetts gehalten werden. Durch Behandlung mit Aether zieht man durch das Häutchen hindurch das Fett aus, und die Membran fällt wie ein leeres Säckchen (Fig. 153) zusammen. Nach *Henle* werden die Zellmembranen durch Essigsäure aufgelöst, so dass der Inhalt einiger Zellen zu einem Tropfen zusammenfliesst. Wir haben dies nicht gesehen, sondern wir fanden eine der beiden einander überziehenden Zellmembranen sowohl in concentrirter Essigsäure wie in Kali unlöslich. Eine äusserste Membran scheint nämlich löslich, eine unterliegende, die das Fett überzieht, unlöslich zu sein (Fig. 152).

Man findet dieses Fettgewebe bei Menschen im lockeren Bindegewebe unter der Haut, im Netz und im Gekröse und an vielen anderen Stellen [1]).

[1]) Fettzellen aus den Nierenkapseln eines Schweins sind sehr gross, länglich und mit einem körnigen Inhalt erfüllt; die eines Schaafs sind eckig. Durch concentrirte Essigsäure weichen sie aus einander und schwimmen in der Säure (Fig. 152). Die Nierenkapseln einer Kuh geben ebenfalls polyedrische Fettzellen, die auf gleiche Weise durch concentrirte Essigsäure aus einander weichen und also eine lösliche Bindesubstanz enthalten; ebenso die eines Kalbes, welche kleiner sind. Die des Menschen sind noch kleiner (Fig. 151). Kerne vermisst man bei allen.

Mit Aether ausgezogenes Schweinefett giebt sehr dünne, durchsichtige Häutchen von körniger Structur (Fig. 153). Sie sind zusammengefallen und haben ihre zellige Form verloren. Essigsäure löst sie nicht auf und verändert die körnige Beschaffenheit nicht.

Die Zellmembranen des Kalbes werden durch concentrirtes Kali nicht aufgelöst; sogar noch nach einer Stunde behalten die Zellen ihre Form.

In den Fettzellen eines Schaafs, die mit concentrirter Essigsäure ausgezogen sind, ist die Membran ebenfalls körnig und durchsichtig. Durch concentrirte Essigsäure weichen die Membranen mit der Form der Fettzellen auseinander, und sie bleiben selbst unverändert. Es ist also eine die Zellen verbindende Substanz aufgelöst, welche die Zellen umhüllt und als eine zweite Zellmembran betrachtet werden muss. Die inneren Zellmembranen sind in Essigsäure unlöslich. Durch concentrirtes Kali werden sie auch weder aufgelöst, noch verändert; eben so wenig durch Zusatz von Wasser. Durch Digestion mit concentrirtem Kali bei 80° werden diese Zellen nicht angegriffen, auch nicht wenn man Wasser hinzugesetzt hat. Die Zellen isoliren sich aber und ihre Bindesubstanz ist also aufgelöst worden, während sich die Zellen des Fetts, das sie enthielten, entleert haben. Von einem andern Inhalte als Fett zeigte sich keine Spur.

Das Fettgewebe bildet sich leicht bei reichlicher Nahrung, namentlich wenn diese aus fetthaltenden Speisen besteht, und wird wieder aufgesogen, wenn der Körper mangelhaft genährt wird. Bei einigen Thieren, die den Winter hindurch schlafen, sammelt es sich gegen diese Zeit, und nimmt während jenes Schlafs bedeutend ab. Durch diese periodische Bildung und Rückbildung des Fetts liegt die Entstehung der Fettzellen im Finstern. Man weiss nämlich nicht, ob auch diese verschwinden, oder nur das in denselben enthaltene Fett, obgleich letzteres wahrscheinlich ist. Sodann ist es unbekannt, aus welcher chemischen Substanz die Zellmembranen der Fettzellen bestehen. Man weiss indess gewiss, dass sie von Fett verschieden und in Alkohol oder Aether unlöslich sind. Die äusserste der beiden in einander geschachtelten Membranen scheint leimgebendes Gewebe zu sein; die innere besteht nicht daraus.

Das in diesen Zellen eingeschlossene Fett ist bei verschiedenen Thieren verschieden. Es sind die S. 255 aufgezählten Fettsäuren, meistens mit Lipyloxyd verbunden. Häufig sind sie mit einander vermischt, z. B. Margarin und Elain beim Menschen u. s. w.

Bei Thieren findet sich nicht immer dasselbe allgemeine Fettgemenge. Die relative Quantität der dieses Gemenge zusammensetzenden Theile kann sogar sehr verschieden sein. Die Nierenkapseln der Kuh z. B. enthalten eine viel grössere Menge

Fettzellen eines Schaafs von der inneren Seite des Bauchs sind, nachdem sie 7 St. in concentrirtem Kali gelegen haben, unverändert. Durch Zusatz von Wasser quillt die äussere Zellmembran auf, sie wird in eine feinkörnige Substanz verwandelt und dann aufgelöst. Die Zelle behält aber ihre Form bei und schwimmt unverändert in der Flüssigkeit. Es liegt also eine zweite Hülle um das Fett, die in Kali nicht aufgelöst wird. Durch Druck kommt auch diese Membran zum Vorschein.

In Essigsäure wird die äussere Hülle der Fettzellen sehr durchsichtig; sie quillt auf, übrigens aber ist die Fettzelle mit ihrem körnigen Inhalt unverändert geblieben.

Woraus diese Membranen bestehen, konnte nicht ermittelt werden. (*Donders* und *M.*)

Stearin, als das Fett im Bindegewebe unter der Haut bei denselben Thieren, während dagegen in den Markhöhlen der Knochen dieser Thiere die Menge des Elains bei weitem vorherrscht. Die Zellmembranen der Fettzellen nehmen also thätigen Antheil an der Fettbildung und sind nicht bloss die Receptacula einer allgemein verbreiteten Fettsubstanz.

Der in einer Höhle des Kopfs von Physeter macrocephalus vorkommende Wallrath und die eigenen Hirnfette bei allen Thieren lehren dies zur Genüge. Die S. 261 mitgetheilte Vergleichung macht es aber wahrscheinlich, dass die besonderen Fette leicht aus den allgemeinen unter Aufnahme oder Ausscheidung von Sauerstoff entstehen können, der durch die Lungen in das Blut geführt wird.

Aus einem histologischen Gesichtspunkte müssen aber zweierlei Fette im Organismus unterschieden werden: Fett, das in den genannten Zellen eingeschlossen ist, und mit anderen Substanzen chemisch verbundenes Fett. Das erstere wird, wie wir sahen, in dem so allgemein verbreiteten lockeren Zellgewebe gefunden; letzteres trifft man im Gehirn, in den Flüssigkeiten des Körpers.

Im Chylus findet man das Fett, das aus der Nahrung aufgenommen wird. Der Chylus ist alkalisch, und die neutralen Fette der Nahrung werden also gänzlich oder grösstentheils verseift, bevor sie in das Blut gelangen, oder sehr bald nachdem sie in das Blut gelangt sind. Im Blut hat man ausser den nicht verseifbaren, wie das Cholesterin, keine neutrale Fette gefunden, nur krankhafte Zustände ausgenommen [1]). Es kommen also in demselben margarinsaure, elainsaure und bei vielen Thieren stearinsaure und andere Seifen des Natrons vor. Diese in Wasser löslichen fettsauren Salze sind es, die zur Bildung des Fettgewebes und der chemisch gebundenen fetten Substanzen, welche sich im Gehirn, der Leber, den Nieren finden, dienen müssen. Sie müssen verarbeitet und unter Ausscheidung

1) Vgl. *Simon*. Med. Chem. II, S. 230.

der alkalischen Basis, Natron, mit Lipyloxyd oder anderen Körpern verbunden werden. In der Hirnsubstanz z. B., in dem Parenchym der Leber, der Nieren findet man mit Albumin innig verbundene Fette, so dass sie, mit kaltem Wasser angerieben, gleichsam eine Emulsion bilden, ebenso wie wenn man Mandeln oder Leinsamen zerkleinert und mit Wasser reibt; in der Galle gleichfalls, obgleich offenbar fette Säuren in derselben vorkommen, und in einer so innigen Verbindung mit der Galle, dass Säuren, obgleich überflüssiges Natron in derselben enthalten ist, dennoch nicht im Stande sind, ein Praecipitat in der Galle zu erzeugen.

Die Ausscheidung der Basis Natron aus den im Blut enthaltenen fettsauren Salzen geschieht in den Haargefässen unter dem Einflusse der dort gebildeten Kohlensäure; die frei gewordenen Fettsäuren müssen an derselben Stelle Lipyloxyd antreffen, mit welchem sie wieder neutrale Fette bilden können (vgl. S. 260).

Wenn im thierischen Körper aus den in der Nahrung enthaltenen Fetten Fette bereitet werden, so findet auf jeden Fall eine Veränderung neutraler Fette in Fettsäuren und dieser in neutrale Fette Statt; ausserdem aber eine Veränderung in der relativen Quantität des Margarins und Elains, beim Menschen z. B., wenn nicht gerade die erforderliche Menge beider zugeführt wird. Olivenöl z. B., in welchem viel Elain, wenig Margarin vorkommt, kann nicht unverändert in Menschenfett übergehen. Sodann findet eine Verwandlung der einen Fettsubstanz in eine andere Statt, des Margarins z. B. in Stearin, oder des Stearins in Margarin; endlich nach *Liebig's* Versuchen auch eine Verwandlung von Stärkmehl (Dextrin und Zucker?) in Fett.

Diese letzteren Substanzen müssen Sauerstoff verlieren, um sich in Fett zu verwandeln, gerade so wie im Pflanzenreich. Sie werden also unter desoxydirenden Einflüssen gebildet, indem unter eben diesen Einflüssen sauerstoffärmere Fettstoffe aus sauerstoffreicheren entstehen. Das Cholesterin z. B., das im Blute enthalten ist, und sich in der Galle und im Gehirn findet, muss

wenn es aus Margarinsäure entsteht, eine bedeutende Menge Sauerstoff und Wasserstoff verlieren und Kohlenstoff aufnehmen:

Margarinsäure $C^{34} H^{68} O^{3}$

Cholesterin $C^{37} H^{64} O$.

Die Fette des thierischen Körpers unterliegen also nach der Reihe einer Oxydation und Desoxydation; ersteres geschieht zweifelsohne in den Lungen, letzteres in den Haargefässen; beides also im Blute. Indem sie je nach den Umständen, in welchen sie verkehrten, bereitet werden, werden sie aus dem Blute an bestimmten Stellen abgelagert, von hieraus aber wieder aufgenommen, nachdem sie vorher unbekannte Zwischenprodukte gebildet haben, die immer reicher an Sauerstoff sein und im Blute vorkommen müssen, und zuletzt werden sie als Kohlensäure durch die Lunge ausgetrieben.

Wenn z. B. aus Margarinsäure einer Kuh Buttersäure gebildet werden soll:

Margarinsäure $C^{34} H^{70} O^{4}$

Butterölsäure $C^{34} H^{62} O^{5}$,

so wird O^{5} absorbirt, und aus Margarinsäure Buttersäure gebildet. Wenn diese nun später in Buttersäure verwandelt werden soll:

Butterölsäure $C^{34} H^{62} O^{5}$

4 Buttersäure $C^{32} H^{56} O^{4}$

$C^{2} H^{6} O^{1}$,

so muss O^{6} hinzutreten, um endlich aus den übrigbleibenden Elementen $2 C^{2} O^{4}$ und $3 H^{2} O$ zu bilden.

Diese Veränderung geschieht ausserhalb des Körpers des Thiers in der Butter, wenn sie der Luft ausgesetzt wird, und kann gerade deshalb als ein recht gutes Beispiel dienen, auf eine wie einfache Weise Fette im thierischen Körper verwandelt werden können.

Eine Umwandlung von Margarin und Elain in Stearin, die selbst ganz ausserhalb des Organismus durch desoxydirende Einflüsse zu Stande kommt, ist jetzt, seitdem *Beetz* [1]) darüber

[1]) Pogg. Ann. 1843, N°. 5, S. 111.

Untersuchungen angestellt hat, eine wohl constatirte Thatsache. Er fand nämlich, dass *Foureroy's* und *Chevreul's* Adipocire aus Stearin bestehe, das mit stearinsauren Seifen vermischt sei. Die fetten Substanzen in den menschlichen Leichen werden nach einiger Zeit härter und fester, und verwandeln sich nach dem S. 257 angegegebenen Schema, wenigstens das Margarin in Stearin.

Die Fettbildung und die Aufnahme von Fetten im thierischen Organismus sind also eine sehr wichtige Quelle des Stoffwechsels, deren Einfluss sich nicht auf die Bildung neuer Produkte beschränkt, sondern deren Entstehung auch andere Wirkungen hervorruft. Diese Fette dienen also nicht bloss dazu, dass sie von den Pflanzen aufgenommen und, nachdem sie eine Zeit lang im thierischen Körper verweilt haben, als Kohlensäure und Wasser ausgetrieben werden, sondern man darf sie als höchst wichtige Substanzen betrachten, die im höchsten Grade dazu geeignet sind, vielerlei neue Körper zu erzeugen, und indem sich diese in statu nascenti befinden, ausserdem eine reiche Quelle für Thätigkeit, für die Erregung neuer chemischer Kräfte zu sein.

Es ist sehr zu bedauern, dass unsere Kenntniss der in verschiedenen Thieren vorkommenden Fettarten noch in so hohem Grade beschränkt ist, dass wir nicht einmal die Constitution der Elainsäure kennen. Deshalb ist eigentlich für jetzt jede Vergleichung der Fette unter einander mangelhaft [1]).

Aus dem soeben Angeführten geht hervor, dass zur Bildung vieler Fette eine Desoxydation im thierischen Körper vor sich gehen muss, namentlich wenn aus Stärkmehl Fette gebildet werden sollen (s. S. 271). So bekannt nun aber die Quelle der Oxydation ist (die Respiration), so unbekannt sind jetzt noch die Quellen der Desoxydation. Wir können nur Beispiele davon geben, in den Einzelnheiten aber nichts beleuchten.

[1]) Ich habe erfahren, dass *Redtenbacher* neulich wichtige Untersuchungen über die Elainsäure angestellt hat.

Desoxydation in einem organischen Ganzen, dem stets Sauerstoff zugeführt wird, scheint ungereimt. Und dennoch leidet es keinen Widerspruch, dass viele Substanzen im thierischen Körper desoxydirt werden, z. B. die, aus welchen Cholesterin entsteht, eine Substanz, die in der Nahrung, wenn diese pflanzlicher Natur ist, nicht vorkommt.

Diese Desoxydation wird ohne Zweifel durch eine andere Substanz veranlasst, die zu ihrer Bildung des Sauerstoffs bedarf. Unter den Substanzen, die sich wirklich desoxydirend im thierischen Organismus verhalten, kennen wir Früchtezucker, Inulin u. s. w. Löst man z. B. Inulin in warmem Wasser auf und setzt man dazu essigsaures Blei und Ammoniak, so wird metallisches Blei ausgeschieden, und wenn man Früchtezucker mit Kupfer und anderen Metallsalzen erhitzt, so werden diese letzteren von Sauerstoff befreit. In dem Beispiel des Inulins wird sogar die Essigsäure dem Bleioxyd entzogen, und dieses, nachdem es frei geworden ist, gänzlich desoxydirt, damit sich ein Theil des im Inulin vorhandenen Früchtezuckers in Ameisensäure umsetzen könnte. Wenn z. B. ein ganzes Aeq. Früchtezucker auf diese Weise in Ameisensäure verwandelt wird, so werden einem andern Körper, z. B. einem Metalloxyde, 12 Aeq. Sauerstoff entzogen werden können:

1 Aeq. Früchtezucker	$C^{12} H^{28} O^{14}$
8 Aeq. Wasser + 6 Aeq. Ameisensäure	$C^{12} H^{28} O^{26}$
	O^{12}.

Bei dem unaufhörlichen Zerfallen der organischen Substanzen des thierischen Körpers in Kohlensäure wird nun nicht bloss der durch die Respiration zugeführte Sauerstoff verbraucht, sondern es wird auch im Organismus vorhandenen Körpern, die, indem sie Sauerstoff verlieren, andere Produkte geben können, Sauerstoff entzogen. So weit der eingeathmete Sauerstoff reicht, genügt dieser die Oxydation des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der Substanzen, die oxydirt werden; wo dieser fehlt und Sauerstoff zur Decomposition der in Zersetzung begriffenen Körper erfordert wird, wird dieser den in der Nähe liegenden

Körpern entzogen und auf diese Weise im thierischen Körper ein Desoxydationsprozess erzeugt, der die Bildung von Fetten aus Stärkmehl z. B., die Bildung von sauerstoffärmeren Fetten (Cholesterin z. B.) aus sauerstoffreicheren (z. B. Elainsäure) zur Folge haben muss.

Die desoxydirende Thätigkeit des Organismus zeigt sich in sehr vielen Erscheinungen. Sie fängt schon in den ersten Wegen an. Daher die Entwicklung des Schwefelwasserstoffs aus schwefelsauren Salzen; sie pflanzt sich nach allen Theilen, mit Ausnahme der Lungen, fort, was unter anderen aus der Gegenwart regulinischen Quecksilbers in verschiedenen Geweben nach lange fortgesetztem Quecksilbergebrauch hervorgeht [1]).

Muskelgewebe.

Auf Reize, namentlich auf electrische Reize reagirende, grösstentheils dem Willen unterworfene, der Verkürzung und Verlängerung fähige Organe nennt man Muskeln. Ihr Gewebe ist verschieden. In der wohlbekannten rothen Muskelmasse des Körpers findet man ein ganz eigenes Gewebe, welches gestreifte Bündel besitzt. Hierher gehören die willkührlichen Muskeln und das Herz. In diesen Bündeln findet man Fasern, die aus zwei verschiedenen Substanzen zu bestehen scheinen, deren abwechselnd an einander gereihte Molecüle einen Faden von körniger Beschaffenheit bilden (Fig. 158 und 161, 2); einige von diesen Fasern sind von kleinen Scheidchen eingeschlossen und so mit einander zu kleinen Bündelchen verbunden (Fig. 155 und 157 auf dem Querschnitt gesehen), und diese Bündelchen sind wie-

[1]) Dieses sowohl, wie die den Aerzten bekannte so ausserordentlich verschiedene Wirkung des Calomels und des Sublimats beweisen, dass *Liebig's* Meinung unmöglich richtig sein kann, dass Calomel im Organismus nur dadurch wirken sollte, dass es in Sublimat verwandelt würde (Thier-Chemie).

der durch grössere zu Bindegewebe verbunden (Fig. 154, 2 und 156, 2). Diese grösseren Bündel sind von Neuem durch Bindegewebe verbunden, und so geht diese Verbindung fort, bis die ganze Muskelmasse, die aus mit Gefässen und Nerven durchwebten Fasern und Bindegewebe besteht, zu Stande gebracht ist.

Die ersten oder kleinsten Bündel nennt man Primitivbündelchen der Muskeln. Sie sind oft, wenn auch nicht immer, mit einer mehr oder weniger körnigen Hülle bekleidet, welche in Essigsäure länger ungelöst bleibt als die Fasern des Primitivbündels, aber endlich ebenso wie diese erst gallertig und dann aufgelöst wird.

Dieses Muskelgewebe verdient besonders Beachtung wegen seiner allgemeinen Verbreitung im Organismus [1]). Die Fasern,

[1]) Querschnitt des Musculus semitendinosus des Menschen (Fig. 154). Dicht an einander liegende Primitivbündel (1), von mehr oder weniger rundlicher Form, vieleckig gegen einander abgeplattet, in grosser Anzahl zu einem secundairen Bündel vereinigt, der von Bindegewebe (2) (Perimysium) umgeben und von dem nächstliegenden getrennt ist. In diesem Bindegewebe, das durch Zusatz von Essigsäure stark aus einander weicht, sieht man kleine verlängerte Kerne und Kernfaserchen, an einzelnen Stellen Nervenbündel und Blutgefässe.

Bei einer stärkeren Vergrösserung (Fig. 155) sieht man in jedem Bündel den Durchschnitt der Primitivfasern als kleine dunkle Pünktchen; durch Zusatz von Essigsäure quillt das ganze Bündel auf, die Pünktchen weichen mehr aus einander und werden deutlicher sichtbar. Die Substanz zwischen den Primitivfasern scheint also vorzugsweise durch Essigsäure aufzuquellen. In dem Bündel sieht man in der Regel keine Kerne; hier und dort liegt ein einzelner auf dem Sarcolemma; diese sind aber auf dem Längenschnitte deutlicher. Viele Muskelbündelchen legen sich durch das Aufquellen mehr oder weniger um, und zeigen nun deutlich ihre Querlinien. Die doppelten Linien lassen sich auf dem Sarcolemma nicht beobachten.

Querschnitt der Oberschenkelmuskeln eines Frosches. Die Primitivbündel sind grösser und liegen noch enger an einander als beim Menschen, meistens mit runder oder eckiger Form; an jeder Ecke, an welcher sich drei Bündel an einander schliessen, sieht man mehr oder weniger deutlich den Durchschnitt eines Haargefässes. Die Primitivfasern sind vorzugsweise deutlich, wenn man Essigsäure zugesetzt hat. Man sieht ausserdem eine ziemlich grosse Zahl von Kernen zwischen den Primitivfasern in den Bündeln zerstreut. Die Kerne haben auf diesem Durchschnitt eine runde oder eckige Gestalt.

die man Primitivfasern nennt, und die zu 50, 100 und mehreren in einer Scheide eingeschlossen sind, hält man für Faserstoff; aber der Beweis dafür bleibt noch zu liefern. So viel steht fest,

Idem aus einem stark abgemagerten Frosche. Die Primitivbündel sind überhaupt kleiner und von sehr verschiedener Grösse (Fig. 156). Die kleinsten (1, a) findet man namentlich in der Nähe des Perimysiums (2); oft sind diese vollkommen rund und also cylinderförmig. Kerne (Fig. 157, 1) und Primitivfasern (2) sind in den Bündeln nach Zusatz von verdünnter Essigsäure sehr deutlich, und ebenso in der Mitte der Bündel. In den kleineren Bündeln (a) liegen die Primitivfasern sehr nahe beisammen. Durch Abmagerung werden die Primitivbündel demnach dünner und verschwindet namentlich die Substanz zwischen den Primitivfasern.

Idem Muskeln einer Kuh, wie beim Menschen, nur mit etwas grösseren Primitivbündeln.

Idem vom Kalbe. Derselbe Muskel zeigt hier viel kleinere Primitivbündel als bei der Kuh; ihre Anzahl kann also bei dem weiteren Wachsthum der Muskeln gleich bleiben. Sowohl bei der Kuh wie beim Kalbe sieht man ausnahmsweise Kerne zwischen den Primitivfasern in dem Bündel eingeschlossen.

In der Längenrichtung zeigen die frischen, nicht getrockneten Primitivbündel aller der genannten Muskeln Längenlinien (Primitivfasern) und Querlinien, die gewöhnlich gradlinig, gleichmässig, oder im Zickzack gekrümmt sind. Wo die Primitivfasern am deutlichsten sind, sieht man die Querlinien weniger deutlich, und umgekehrt.

Durch verdünnte Essigsäure kommen auf und in den Primitivbündeln der Frösche (vergl. Fig. 159) viele, in den übrigen einzelne verlängerte Kerne zum Vorschein.

Die primitiven Muskelbündel des Musculus psoas eines fast ausgetragenen Kindes sind sehr schmal, die Querlinien liegen so weit von einander, dass die Entfernung dreier Querlinien der Breite des Muskelbündels entspricht. Durch Zusatz von Essigsäure werden die Muskelbündel sehr durchsichtig, und man kann kaum die Grenzen der neben einanderliegenden Bündel unterscheiden; die Querlinien sind auch schwer zu unterscheiden. An den Rändern der Primitivbündel sieht man in ziemlich grossen Entfernungen ovale Kerne, die von aussen auf dem Sarcolemma zu liegen scheinen.

Ein dünnes Schichtchen der vordersten Schenkelmuskeln aus dem lebenden Frosche zeigt sogleich deutliche Primitivbündel mit ihren Primitivfasern und Querlinien. Zwischen jedem Paar an einander grenzender Primitivbündel sieht man ein mit Blutkörperchen angefülltes Haargefäss, das hier und da durch ein die Richtung der Muskelbündel kreuzendes Querästchen mit anderen verbunden ist. Besondere Nervenfasern sind zwischen den Muskelbündeln schwer zu beobachten; in dem Perimysium

dass man diese Fasern nicht für eine einfache organische Substanz, sondern für zwei verschiedene Substanzen halten muss. Die eine bildet dickere Kügelchen als die andere, beide wech-

sieht man kleine Nervenstämme, zum Theil nur aus zwei Primitivfasern bestehend, über eine grosse Fläche verlaufen.

Ein schiefer Längenschnitt eines Primitivbündels eines getrockneten Froschmuskels (Fig. 158) zeigt, nachdem er mit Wasser angefeuchtet ist, an der dickeren Seite deutliche Querlinien, die an der dünneren Seite in eine Reihe von Körnchen übergehen, die, zu länglichen Reihen verbunden, die Primitivfasern bilden, und indem sie neben und auf einander liegen, das quergestreifte Aussehen erzeugen.

Froschmuskel, der zehn Stunden in concentrirter Essigsäure gelegen hat. Die Bündel (Fig. 159) sind sehr aufgequollen und durchsichtig geworden, die Primitivfasern sehr undeutlich zu sehen, die Querlinien sehr schön, die Kerne deutlich, aber nicht deutlicher als nach kurz währender Einwirkung verdünnter Essigsäure. Nach 58 St. ist nichts verändert. Man sieht ein kleines Haargefäss zwischen den Bündeln und über sie verlaufen, in welchem sich eine Reihe von Kernen der Blutkörperchen finden.

Muskel einer Kuh, nach 4tägiger Maceration in concentrirter Essigsäure. Alles sehr gallertig; die Querlinien noch deutlich und gekrümmt, die Primitivfasern nicht deutlich zu sehen, die Kerne schwer zu unterscheiden.

Muskel einer fast ausgetragenen Frucht, nachdem er 2 St. in concentrirter Essigsäure gelegen hat. Die Primitivbündel sehr aufgequollen und blass, die Querlinien deutlich zu unterscheiden, die Primitivfasern nicht zu beobachten, die Kerne ebenfalls etwas erblasst.

Muskel eines Frosches in einem verschlossenen Fläschchen mit concentrirter Schwefelsäure 24 St. aufbewahrt. Gallertig aufgequollen, die Primitivbündel begrenzt, so dass das Sarcolemma nicht aufgelöst zu sein scheint; von Primitivfasern oder Querlinien ist nichts zu sehen. Durch überschüssiges Wasser wird das Stückchen weiss und zieht sich zusammen, unter dem Mikroskop erscheinen jetzt die Primitivfasern sogleich und zeigen körnige Anschwellungen in der Richtung und in der Entfernung der Querlinien.

Muskel einer Kuh, der, vier Tage lang mehr oder weniger der Luft ausgesetzt, in concentrirter Schwefelsäure aufbewahrt wurde. Die Primitivbündel sind viel breiter geworden, die Enden meistens scharf rechtwinklig abgebrochen; an einzelnen Stellen sieht man auf der Oberfläche dunkele Querlinien, wo das Muskelbündel schmäler ist; es scheint, dass hier das Aufquellen des Inhalts der Primitivbündel durch einen stärkeren Widerstand des Sarcolemma gehindert wird. An anderen Stellen sind die Primitivbündel quer abgebrochen. Die Querlinien sind noch sichtbar; an einzelnen Stellen

seln nach der Reihe mit einander ab, so dass man die Faser ungefähr wie eine Perlschnur betrachten kann, die aus in kleinen Entfernungen von einander liegenden und mit einem dicken

sind die länglichen Fasern recht gut zu unterscheiden, die Kerne sind aufgequollen, hier und da körnig. In einem Bündel sieht man zwei Reihen verlängerter, aufgequollener Kerne in regelmässigen Entfernungen von einander liegen.

Durch Zusatz von Wasser verändert sich das Praeparat nicht, es muss also Wasser aus der Luft angezogen sein, wodurch die Proteinschwefelsäure nicht gallertig genug hat werden können.

Muskel einer Kuh. Concentrirte Salpetersäure erzeugt kräftige Gasentwicklung, und macht die vorher sehr deutlichen Primitivfasern verschwinden. Die Bündelchen bleiben aber scharf begrenzt, so dass das Sarcolemma nicht angegriffen zu werden scheint. Mit gleichen Theilen Wasser verdünnte Salpetersäure erzeugt dasselbe. 1 Theil Salpetersäure auf 4 Theile Wasser lässt die Primitivfasern noch deutlich; nach einiger Zeit verschwinden aber die Querlinien, darauf auch die Primitivfasern, und das ganze Bündel wird durchsichtiger. Man sieht hier und da verlängerte Kerne. Das Sarcolemma zeigt sich structurlos, hier und da aber erscheinen abwechselnde dunkle Linien auf demselben.

Muskel eines Frosches, der in einem überdeckten Uhrgläschen vier Tage in Ammoniak gelegen hat. Die Primitivbündel sind durchsichtiger, die Primitivfasern nicht deutlich, die Kerne durchsichtig und etwas breiter, die Querlinien überall sehr deutlich sichtbar. In der Flüssigkeit hat sich eine grosse Menge pulverförmiger Substanz abgesetzt, die unter dem Mikroskop keine Structur zeigt.

Muskel einer Kuh. Durch die Einwirkung von concentrirtem Kali werden die Muskelbündel etwas durchsichtiger, die Querlinien bleiben deutlich, die Primitivfasern ebenfalls; die Kerne werden sehr gut unterschieden. Nachdem sie 48 Stunden auf dem Glasplättchen geblieben sind, ist Nichts verändert. Die Kerne sind vorzugsweise breiter und deutlich; auch die Primitivfasern und Querlinien lassen sich gut beobachten.

Muskel eines Frosches, der 5 Stunden in concentrirtem Kali gelegen hat. Die Primitivbündel (Fig. 160, a) isoliren sich leicht und sind sehr weich, körnig, wenig durchsichtig; die Primitivfasern sind deutlich zu beobachten, die Querlinien in einigen nicht zu sehen. Die Kerne (1) haben die interessantesten Veränderungen erlitten; sie sind sehr aufgequollen, oval und zeigen sich körnig. Durch Zusatz von Wasser wird alles bald aufgelöst, ohne etwas übrig zu lassen. Beim ersten Zutritt des Wassers quelten die Kerne fast zu runden Körperchen auf (Fig. 160, b. 1), um darauf zu verschwinden. Gegen das Ende der Auflösung erscheinen bisweilen noch wieder die Querlinien.

Faden zusammengereihten Perlen besteht. Nach der Kenntniss, die wir gegenwärtig von diesen Substanzen haben, möchte ich die eine für Faserstoff, die andere für Proteinbioxyd halten.

Muskel eines Frosches nach 24stündiger Maceration in concentrirtem Kali. Die Primitivbündel sind meist isolirt oder leicht zu isoliren, und sowohl der Länge, wie der Quere nach zu zertheilen. Die meisten sind in quere, rechtwinklig abgeschnittene Stückchen vertheilt (Fig. 161, 1). Die Querlinien sind noch deutlich sichtbar und die Primitivfasern haben gekerbte Ränder; sie zeigen sich wie Perlschnüre (2), und scheinen also wohl aus heterogenen Theilen zu bestehen, die die Ursache der Querlinien sind. Der eine Theil scheint in Kali leichter löslich zu sein als der andere, wodurch die Bündel leicht in der Richtung der Querlinien vertheilt werden.

Durch Zusatz von Wasser löst sich alles auf.

Muskel einer fast ausgetragenen Frucht, der eine halbe Stunde in concentrirtem Kali gelegen hat. Sehr erweicht, die Primitivbündel leicht zu isoliren, die Ränder der Primitivbündel meistens glatt, bisweilen gekerbt; an einzelnen Stellen noch Spuren der Querlinien. Die Primitivfasern lassen sich nicht unterscheiden. Ausser den von einander entfernt liegenden Primitivbündeln beobachtet man keine Grundformen.

Bei beginnender Einwirkung des Wassers erblassen die Primitivfasern, ohne deutlich aufzuquellen, die Kerne quellen auf und einige verschwinden, während die Umrisse der Primitivbündel noch ziemlich unverändert bleiben. Nach längerer Einwirkung bleibt von den Muskelbündeln Nichts übrig ausser einigen feinen Körnchen; jetzt zeigen sich auch die kleineren Blutgefässe, und sogar die Haargefässe noch mit gelben Blutkörperchen gefüllt, durchaus deutlich. Wenn man mehr Wasser hinzusetzt, dann lösen sich die Muskelbündel ganz auf, ohne dass etwas von denselben übrig bleibt.

Muskel einer Kuh, der 24 St. in concentrirtem Alkohol gelegen hat. Die länglichen Fasern sind sehr deutlich, die Querlinien ebenfalls. Die isolirten Primitivfasern sind körnig.

Muskel einer Kuh. Durch Zusatz von Sublimat treten die Grenzen der Primitivbündel deutlich zum Vorschein. Die isolirten Primitivfasern scheinen aus kleinen verlängerten Theilchen zu bestehen, die an einander grenzen; sie zeigen unregelmässige kleine Anschwellungen.

Nach 8stündiger Maceration in Sublimat sind die Primitivbündel hart, undurchsichtig und leicht zu isoliren, die Querlinien sehr deutlich, die Primitivfasern sind in dem Bündel nicht gut zu unterscheiden, die Kerne sehr schmal.

Muskel einer Kuh, der 48 St. in Jodtinctur gelegen hat. Die Primitivbündel sind sowohl wie das Perimysium sehr braun gefärbt. Die isolirten Primitivfasern zeigen sich wie an einander gereihte Körnchen; einige, die aus dem Bündel isolirt neben einander liegen, zeigen noch Querlinien. Alle sind sehr braun gefärbt. (*Donders* und *M.*)

Wenn man nämlich ausgewaschene Muskeln mit concentrirter Essigsäure behandelt, so löst man diese Primitivfasern auf, und fällt man diese Auflösung mit kohlensaurem Ammoniak, so erhält man Proteinbioxyd, — eine Eigenschaft, die Faserstoff zeigt, wenn er auf dieselbe Weise behandelt wird, und die Proteinbioxyd unter gewissen Bedingungen ebenfalls liefert. Die organische Verschiedenheit der Faser lehrt uns zwei verschiedene Körper kennen, und wir kennen in Faserstoff und Proteinbioxyd gerade zwei Körper, die der genannten Eigenschaft der Primitivmuskelfasern entsprechen.

Durch diese organische Verschiedenheit einer jeden Primitivfaser wird zunächst verursacht, dass jedes Bündelchen derselben Querlinien zeigt, indem die homogenen Kügelchen der Fasern des ganzen Bündelchens genau neben einander liegen und dadurch an der Oberfläche gleichsam Linien zeigen, die rechtwinklig auf dem Bündelchen stehen. Da nun die dünneren Kügelchen, oder die, welche zwischen den dickeren liegen und diese verbinden, in verschiedenen Lösungsmitteln leichter löslich sind, als die dickeren, so kann man die Primitivbündel der Muskeln nach zwei Richtungen theilen, der Länge nach in Fasern, und der Quere nach in Scheibchen, — eine Eigenthümlichkeit, die *Todd* und *Bowman* (s. Physiological Anatomy and Physiology of man, p. 152, Tom. I.) ungefähr so vorgestellt haben, wie sie sich bei unseren Beobachtungen zeigte, obgleich wir die Querspaltung nicht so stark gesehen haben wie sie.

Diese Muskelfasern liegen in einem Scheidchen eines Gewebes, das kein leimgebendes Gewebe ist, sondern sich verhält wie ein inniges Gemenge der Substanzen des leimgebenden und elastischen Gewebes, und in welchem man einige Kerne sieht, die durch Essigsäure deutlich zum Vorschein kommen und durch Kali aufquellen.

In diesen beiden Formen, in den Primitivfasern und den Scheidchen, welche diese einschliessen, liegt das Wesen des willkührlichen Muskelgewebes. Es tritt aber noch eine dritte Substanz hinzu, die unterschieden werden muss. Die Primitiv-

fasern grenzen nämlich nicht unmittelbar an einander, sondern sie sind durch eine amorphe Zwischensubstanz von einander geschieden.

Die secundairen Bündel sind durch Bindegewebefasern, zwischen welchen in einzelnen Fällen Fettzellen liegen, mit einander verbunden, und die ganze Muskelmasse ist weiter mit Gefässen und Nerven durchwebt.

Ausser diesen willkührlichen Muskeln hat man noch zwei andere Arten unterschieden: erstlich Muskelfasern mit dem Charakter der Bindegewebefasern, die in der Iris und den Häuten der Lymphgefässe vorkommen; diese reagiren auf galvanische Reize; — zweitens andere Muskelfasern, die mit den Muskelfasern der mittleren Arterienhaut übereinstimmen. Man findet diese in der Muskelhaut des Magens und der Gedärme. Man nennt sie beide unwillkührliche.

Was die ersteren betrifft — die mit dem Charakter des Bindegewebes — so lassen sich diese noch nicht mit Bestimmtheit auf das Bindegewebe zurückführen. Man darf sogar über ihre Beschaffenheit, wie diese nach der Form bestimmt wird, Zweifel hegen, da sie (die Fasern der Iris) den chemischen Charakter der Muskelfasern haben. Die Form stimmt nach *Henle* durchaus mit dem Bindegewebe überein. *Valentin* aber findet die Fasern den nicht gestreiften Muskelfasern gleich, mit Bindegewebe verflochten.

Man muss hierüber also weiteren Untersuchungen entgegensehen.

Die zweite Art, die mit den Muskelfasern der mittleren Arterienhaut übereinstimmt und die man glatte, einfache Muskelfasern nennt, besteht aus länglichen, schmalen Plättchen (Fig. 164, a), mit schmalen zulaufenden Spitzen und hier und da mit Kernen versehen, bisweilen der ganzen Länge nach mit einer Reihe von in einer Reihe liegenden Pünktchen. Man findet sie in dem Nahrungskanal, der Blase und an vielen anderen Stellen, wo unwillkührliche Muskelbewegung bekannt ist; auch in der Muskelhaut (Fig. 171, a) der Arterien. Sie werden in

Essigsäure aufgelöst. Da sie nun in der Form mit einigen Fasern der mittleren Arterienhaut übereinstimmen, und da man in dieser mittleren Arterienhaut andere von den Muskelfasern ganz verschiedene Fasern fand, hat man diesen Muskelfasern einen ganz eigenthümlichen Charakter zugeschrieben. In dieser Arterienhaut giebt es aber zwei verschiedene Arten von Fasern, elastische Fasern und unwillkührliche Muskelfasern, und es lässt sich also hierüber nichts aussagen, wenn man es vernachlässigt, auf diese beiden ganz verschiedenen Arten von Fasern zu achten.

Was man von den Fasern der unwillkührlichen Muskeln weiss, ist: dass sie in kleinen Bündeln beisammen liegen, aber nicht so, wie bei den willkührlichen, von einem gemeinschaftlichen Scheidchen umgeben sind. Die Fasern selbst, die Primitivfasern, sind glatt und dünn. Zunächst finden sich zwischen denselben dünne elastische Fasern (Fig. 162, 163 und 164, c. 2), diejenigen, welche *Henle* Kernfasern nennt und die als dünne Verlängerungen der ursprünglichen Kerne zu betrachten sind, die bei weiterer Entwicklung wahre elastische Fasern bilden würden.

Die eigentliche Muskelfaser besteht aus einer Substanz, die in Kali und Essigsäure aufgelöst wird und die sich, mit Salpetersäure und Ammoniak behandelt, gelb färbt und demnach eine Proteinverbindung ist. Was für eine aber, ist ganz unbekannt. Die gleichförmige Structur der unwillkührlichen Muskelfasern unterscheidet sie von den willkührlichen, in welchen man zwei chemisch verschiedene Substanzen unterscheiden muss [1].

[1] Unwillkührliche Muskelfasern aus dem Oesophagus einer Kuh, einige Stunden nach dem Tode. Es sind dünne, grade Fasern. Mit Essigsäure werden sie sehr durchsichtig und zeigen sehr viele verlängerte Kerne; einige quellen stark auf und werden länglich rund und körnig.

Nachdem das Praeparat einen oder zwei Tage (bedeckt) in concentrirtem Kali gelegen hat, zeigt es sich feinkörnig, amorph; diese körnige Substanz verschwindet, nachdem sie mit Wasser behandelt ist, ganz, und es kommen sehr dünne, scharf begrenzte Fäden zum Vorschein, die sich biswei-

Die chemische Zusammensetzung der Muskeln als solcher zu kennen, hat also nur einen technischen Zweck. *Berzelius* hat sie schon vor mehren Jahren mit grosser Sorgfalt untersucht.

len verästeln und mit einander verbinden (Fig. 162). Sie sind wie Kernfasern oder elastische Fasern zu betrachten.

Nach 2tägiger Aufbewahrung in Sublimat ist die Masse körnig, in Gerbsäure undurchsichtig.

Nach 24stündiger Maceration in Schwefelsäure sind die Fasern gallertig aufgequollen. Man sieht die dünnen, geschlängelten, elastischen Fasern durchschimmern.

Die Muskelfasern der mittleren Arterienhaut sind, nachdem sie 4 St. in Kali gelegen haben, platt, breit und durchsichtig geworden und nicht körnig. Das elastische Gewebe der Arterien hat seine Form behalten, sogar nachdem es 24 St. in Kali gelegen hat, aber die Fasern sind leichter auszubreiten. Die Fasern sind dünner als die des Lig. nuchae, aber diese verhalten sich wie die der Arterien. Es findet also ein bestimmter Unterschied statt zwischen den elastischen und den sogenannten unwillkührlichen Muskelfasern der Arterien.

Indem sie von keinem Reagens angegriffen werden, zeigen sich diese letzteren als platte, reine, durchsichtige Fasern.

Muskelfasern aus der Ringsfaserhaut der Arterien sind, nachdem sie 4 St. in Kali gelegen haben, aufgequollen und etwas körnig. Durch Wasser wird fast alles aufgelöst, nur bleiben feine, geschlängelte, deutlich begrenzte Fasern zurück.

Unwillkührliche Muskelfasern aus den dicken Därmen eines Erwachsenen: dünne, platte, durchsichtige Fädchen (Fig. 164, a), wenn sie isolirt sind, und in Masse gesehen, zeigen sie eine rauhe Oberfläche (b). Nach der Einwirkung von Essigsäure (c) werden sie viel blasser, quellen nicht stark auf, zeigen aber sehr viele verlängerte Kerne (1) und hier und da dünne elastische Fasern (2).

Concentrirte Salpetersäure und darauf hinzugesetztes Ammoniak färbt sie gelb.

Aus der unteren Hälfte des Oesophagus sind sie deutlicher, glatt, ebenfalls durchsichtig; mit Essigsäure kommen auch hier viele Kerne und Kernfaserchen zum Vorschein.

Unwillkührliche Muskelfasern aus den Därmen eines Frosches. Die Fäden sind klar durchsichtig, feinkörnig, mit einzelnen körnigen, hervorragenden Körperchen, nachdem sie einige Stunden in concentrirter Essigsäure gelegen haben.

Durch Gerbsäure werden diese Bündel, wenn sie einige Stunden darin gelegen haben, undurchsichtig und rauh; die Fasern ebenfalls rauh, aber durchsichtig. Auf der Oberfläche des Bündels sieht man viele körnige Theilchen.

Die mit Blut und Nahrungssaft getränkten Muskeln enthalten 77% Wasser und 5% in kaltem Wasser lösliche Substanzen. In 100 Th. Muskeln finden sich also 18% in kaltem Wasser unlösliche Substanzen, die durch Kochen hart werden und dann, die Gefässhäute und etwas Fett ausgenommen, hauptsächlich Proteinbioxyd erzeugen, das sich in Säuren viel schwerer auflöst, als die Muskelfasern selbst, und also schwer zu verdauen ist.

Was von den mit kaltem Wasser ausgedrückten und fein zerschnittenen Muskeln in kochendem Wasser aufgelöst wird, ist zum Theil Proteintrioxyd, das aus den gekochten Primitivfasern entstanden ist; sodann Leim vom Bindegewebe. Wenn man einen Muskel als solchen auskocht, ohne dass man ihn fein zerschnitten vorher mit kaltem Wasser ausdrückt, so behält man ausser dem Proteinbioxyd auch noch coagulirtes Eiweiss vom Blutserum als unlösliche Substanz in der Masse zurück, während in dem Decocte Leim vom Bindegewebe, Proteintrioxyd von den gekochten Muskelfasern und von dem Faserstoff und Eiweiss des Bluts und sehr viele andere Bestandtheile enthalten sind, die theilweise von dem in den Muskeln vorkommenden arteriellen und venösen Blut, theilweise vom Serum der Lymphgefässe, von den Nerven, vom leimgebenden und vom Fettgewebe herrühren.

Eine Infusion von Fleisch mit kaltem Wasser enthält demnach Eiweiss und gerinnt beim Erhitzen, organische Salze, die zum Theil in Alkohol löslich sind, wie von Kali, Natron, Kalk, Talk-

Nachdem die Bündel einige Stunden in Sublimat gelegen haben, werden sie dunkel, körnig, schwer in Primitivfasern zu spalten.

Nachdem sie einige Stunden in Alkohol gelegen haben, werden die Primitivfasern an den Kanten gleichsam haarig, durchsichtig; die Bündel erhalten ein körniges Aussehen. Es ist kein Sarcolemma zu sehen.

Concentrirte Schwefelsäure macht das Bündel in einigen Stunden sehr gallertig, noch mehr oder weniger faserig; durch Zusatz von Wasser zusammengezogen, undurchsichtig, faserig und körnig, gar nicht homogen. Setzt man darauf Kalilauge hinzu und wäscht man das schwefelsaure Kali aus, dann bleibt eine feinkörnige faserige Substanz zurück. (*Donders* u. *M.*)

erde, Ammoniak, Chlorcalcium, Clornatrium, Chlorkalium. Vermischt mit diesen sind kohlensaures Kali und Natron, phosphorsaurer Kalk, der durch extractartige Substanzen in Alkohol löslich geworden ist. In Alkohol unlöslich sind grössere Mengen von phosphorsaurem Natron, phosphorsaurem Kalk.

In Alkohol werden viele extractartige Körper aufgelöst, die unter dem Collectivnamen Osmazom beschrieben werden. Es ist ein Gemenge vieler beim Abdampfen braun gewordener Substanzen, deren Ursprung schwer anzugeben ist. Sie gehören theils dem Faserstoff des Bluts an, denn Faserstoff giebt in Alkohol ein rothes Extract, wenn er in Wasser gekocht und nach Verdampfung des Wassers mit Alkohol ausgezogen wird. Sie können aber auch zum Theil im Blut, zum Theil in den Nerven vorhanden gewesen, zum Theil aus während des Abdampfens veränderten Substanzen entstanden sein. Endlich kommen in den alkoholischen, extractartigen Substanzen auch Fette der Muskelmasse und fettsaure Salze des Bluts, das den Muskel tränkte, vor.

Absoluter Alkohol zieht ähnliche extractartige Substanzen aus dem wässerigen Extract aus, wie im Extract aus dem Urin vorkommen. Es sind Bestandtheile des Bluts, die von den Nieren ausgeschieden werden. Sublimat schlägt einen Theil derselben nieder, basisch essigsaures Blei einen anderen, und lässt einen dritten aufgelöst.

Aus dem unaufgelösten Extract löst Alkohol von 0,833 ein gelbes Extract auf, das durch concentrirte Galläpfeltinctur und Sublimat reichlich, nicht aber durch neutrales essigsaures Blei oder Zinnchlorür gefällt wird.

Der in Alkohol von 0,833 unlösliche Theil ist ein dunkelbraunes Extract, von welchem ein Theil durch Sublimat, ein anderer Theil durch Zinnchlorür fällbar ist, und in welchem noch verschiedene andere Extracte vorkommen (vgl. *Berzelius,* Chemie, Bd. IX, S. 575).

Chevreul fand noch eine kristallisirbare Substanz, das *Kreatin,* im alkoholischen Extract von Fleischbrühe, die abgedampft

war, eine geruch- und geschmacklose Substanz, die auch von *Woehler* gefunden wurde, aber weiter nicht erforscht ist.

Der eigentliche elementaire Hauptbestandtheil der Muskeln, nämlich der der Primitivfasern, ist nicht vollkommen bekannt. Wir dürfen mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass er mit Fibrin übereinstimmt, dem, wie aus der Zusammensetzung hervorgeht, Proteinbioxyd beigemischt ist. Ueber die Substanz, welche die Primitivfasern von einander trennt, lässt sich für jetzt mit Sicherheit nichts angeben. Sie verhält sich indess gerade wie die Fasern wie eine Proteinverbindung, hat deshalb auch dieselben chemischen Eigenschaften, nämlich die, dass sie in Essigsäure aufgelöst, in verdünnter Essigsäure gallertig und durchsichtig wird, und übrigens alle die Eigenschaften des Proteins. Dass kohlensaure Alkalien die Primitivfasern erhärten sollten (*Ficinus*), ist gewiss unrichtig. In sehr verdünnter Salzsäure verhalten sie sich wie Faserstoff (*Bouchardat*) [1]), werden gallertig und darauf aufgelöst bei gewöhnlicher Temperatur.

Die rothe Farbe verdanken die Muskeln nur dem in den Haargefässen enthaltenen Blut. Wenn man durch Einspritzung von Wasser das Blut austreibt, ist jeder Muskel farblos; ein besonderer Farbstoff ist nicht in denselben enthalten, und eben so wenig, wie man dies glaubte, ausserhalb des Haargefässsystemes. Nachdem man Oel eingespritzt hatte, behielten die Muskeln bei lebenden Thieren nur eine gelbliche Farbe. Nach dem Tode gelang dieser Versuch nicht vollkommen, da das coagulirte Blut auf diese Weise nicht vollständig entfernt werden konnte. Die einzige Ursache der rothen Farbe ist das Blut [2]).

Die Zusammensetzung der Muskeln durch eine Elementaranalyse zu bestimmen, darf man unmöglich nennen. Wir verbrennen ja ein Gewebe von allerhand Substanzen, ein sehr zusammengesetztes Gewebe von Muskelfasern, Bindegewebe,

[1]) Scheik. Onderz. D. II, p. 578.
[2]) *A. Luyten*, de musculorum rubore. Dissertatio inauguralis, 1840.

Gefässhäuten und Nerven. Wenn *Playfair* und *Boeckmann*[1]) also die Zusammensetzung der Muskeln und die des Bluts vollkommen identisch fanden, während doch letzteres ein Gemenge vieler, zum Theil ganz anderer Substanzen ist, als in den Muskeln vorkommen, und die Bestandtheile dieser im Blute zum Theil fehlen, so mag dies ein Beweis für die Unmöglichkeit sein, wesentliche Unterschiede durch die Elementaranalyse zu entdecken.

Adriani hat indess die soeben genannten Analysen wiederholt und für Muskeln Resultate erhalten, welche eine andere Zusammensetzung ausdrücken. Muskeln, die nach, der Bereitungsweise des Proteins, in verdünntem Kali aufgelöst und mit Essigsäure gefällt, oder in Essigsäure aufgelöst und mit kohlensaurem Ammoniak gefällt wurden, gaben ihm Quantitäten, die ungefähr Proteinbioxyd vorstellen, nämlich $C^{40} H^{62} N^{10} O^{14}$ ([2]).

[1]) *Liebig*, Phys. Chem. 2te Aufl. S. 290.

	Ochsenfleisch.		Ochsenblut.	
C	54,12	54,18	54,19	54,20
H	7,89	7,93	7,48	7,65
N	15,67	15,71	15,72	15,73
O	22,32	22,18	22,31	22,12.

[2]) Mit kaltem Wasser, Alkohol und Aether ausgezogenes Muskelfleisch gab, nachdem es in Essigsäure aufgelöst und filtrirt und die Proteinverbindung mit kohlensaurem Ammoniak gefällt war:

	gef.	At.	ber.
C	53,91	40	53,36
H	7,15	62	6,75
N	15,24	10	15,45
O S	23,70	14	24,44.

Adriani fand für die Muskeln, die in kaustischem Kali, 1 Theil auf 40 Theile Wasser aufgelöst, filtrirt, mit Essigsäure gefällt, mit Wasser ausgewaschen, und mit Alkohol und Aether ausgezogen waren:

C	53,83
H	7,11
N	15,38
O	23,68.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass man namentlich Proteinbioxyd und kein blosses Protein hat, weshalb ich namentlich wegen der zuletzt angeführten Analyse nicht glauben kann, dass die Primitivfasern der Muskeln

Auf dieselbe Weise behandelter Faserstoff gab dasselbe Resultat: er absorbirt leicht Sauerstoff aus der Atmosphäre [1]).

Wenn man die Muskeln in Masse der Elementaranalyse unterwirft, geben sie nach *Adriani*'s Versuchen ein Resultat, das sich einer Proteinverbindung nähert, das aber wegen des Gehalts an leimgebendem Gewebe, an Häuten der Arterien, Venen, Lymphgefässe, Haargefässe und Nerven als solches keinen Werth haben kann [2]). Solche Versuche beweisen zu viel und eben deshalb nichts. Es ergaben sich indess gegen die Analysen von *Playfair* und *Boeckmann* bedeutende Abweichungen, und die Beschaffenheit der Muskeln lehrt auch, dass die Resultate von *Playfair* und *Boeckmann* unmöglich richtig sein können. Der Kohlenstoffgehalt der in Masse analysirten Muskeln

aus Protein bestehen sollten. Welche der beiden gut zu unterscheidenden Substanzen der Primitivfasern nun das Proteinbioxyd ist, die dickeren Kügelchen oder die zwischen denselben liegenden dünneren Theile, lässt sich schwer entscheiden. Der etwas grössere Kohlenstoffgehalt der beiden Substanzen scheint auf die Beimischung einer anderen sauerstoffärmeren Proteinverbindung hinzudeuten.

Obgleich es noch unentschieden bleiben muss, woraus die zwischen den Primitivfasern gefundene Substanz besteht, so glaube ich doch, dass man annehmen darf, dass in den Muskeln nicht bloss Fibrin vorkommt und dass die Primitivfaser in keinem Falle Fibrin heissen darf.

1) *Scheik. Onderz.* D. I, S, 568.

2) *Scheik. Onderz.* D. III. Aus der Mitte der Muskelmasse genommenes Muskelfleisch einer Kuh, fein zerschnitten, mit kaltem Wasser ausgedrückt, sodann mit warmem Wasser, mit Alkohol und mit Aether ausgezogen:

C	53,34	52,92
H	7,23	7,30
N	16,31	
O	22,71	
S	0,41	

Freier Phosphor war nicht in demselben vorhanden, und eine Menge Schwefel, die ungefähr dieselbe ist wie im Faserstoff.

Schlossberger hat (*Berzelius* Jahresbericht, 1843, S. 607) das Fleisch einiger Thiere analysirt. In dem der Fische und Krebse fand er keine Blutkörperchen, in den letzteren aber eine Art Pigment, das mit Fett oder Harz übereinstimmte. Bei älteren Individuen wird die Menge des Wassers geringer, und in demselben Verhältniss nehmen Faserstoff und Blutkörperchen zu.

muss ja niedriger sein, weil eine bedeutende Menge leimgebender Gewebe in derselben vorkommt, welches bei der Analyse C 50, 37 giebt. Der Wasserstoff scheint in den Versuchen von *Playfair* und *Boeckmann* ganz unrichtig ausgefallen zu sein. Der Stickstoff muss höher sein, weil Leim 18 % Stickstoff enthält.

Uebrigens hat mich niemals etwas mehr gewundert, als der jetzt so häufig wiederholte Ausspruch, Muskeln und Blut, zwei Körper, die in der That in weiter nichts übereinstimmen, als darin, dass beide Proteinverbindungen enthalten, seien identisch. Wollte man sich aber darauf stützen, so liesse sich freilich gar Manches identisch nennen.

Blutgefässe.

Bei den höheren Thierklassen giebt es zwei Arten von blutführenden Kanälen, Arterien und Venen. Zwischen diesen findet man auf der einen Seite das Herz, auf den anderen die Haar-

	Fleisch von Ochsen.	Kalb.	Kalb.	Schwein.	Hirsch.	Taube	Huhn.	Karpfen.	Forellen.
Fibrin, Bindegewebe u. s. w.	17,5	15,0	16,2	16,8	18,0	17,0	16,5	12,0	11,1
Nicht geronnenes Eiweiss und Cruor	2,2	3,2	2,6	2,4	2,3	4,5	3,0	5,2	4,4
Alkoholisches Extr. mit Salzen	1,5	1,1	1,1	1,7	2,4	1,0	1,4	1,0	1,6
Wässriges Extr. mit Salzen	1,3	1,0	1,6	0,8		1,5	1,2	1,7	0,2
Knochenasche mit thierisch. Substanzen		0,1			0,4		0,6		2,2
Wasser und Verlust . . .	77,5	79,7	78,3	78,3	76,9	76,0	77,3	80,1	80,5

Bei den Insekten findet man die Muskelbündel frei von Bindegewebe, und es giebt also bei diesen Thierchen eine schöne Gelegenheit, von den Hautmuskeln reine Muskelbündelsubstanz zur Untersuchung zu erhalten. Diese Muskelbündel zeigen sich denen der anderen Thiere vollkommen gleich, haben aber etwas deutlicher ausgesprochene Querlinien und ausserdem viel dickere Primitivfasern, in welchen man die obenerwähnten Kügelchen deutlich unterscheidet.

gefässe, welche beide verbinden. Das Gefässsystem bildet also einen ununterbrochenen Kanal, der aus dem Herzen, den Arterien, Haargefässen, Venen und dem Herzen zusammengesetzt ist. Die beiden Arten von blutführenden Kanälen, welche Arterien und Venen genannt werden, können aus einem physiologisch-chemischen Gesichtspunkte hier deshalb kurz behandelt werden, weil sie nur aus schon behandelten Elementarformen zusammengesetzt sind. Die Häute der Arterien sind, wenn man von innen anfängt, zunächst einfaches Pflasterepithelium (Fig. 172) (vgl. S. 525), ein dünnes Schichtchen von Zellen mit Kernen, so wie sie auf dem Bauchfell und anderswo angegeben sind. Die zweite wird gestreifte oder gefensterte Haut genannt, und besteht aus mehren Schichten von Fasern (Fig. 170 und 165, 5), die in kleinen Entfernungen von einander in einer Membran liegen, meist der Längenrichtung folgen und durch viele Verästelungen mit einander verbunden sind; die dritte besteht aus vielen Lamellen, die aus zusammengehäuften, starken, länglichen, elastischen Fasern gebildet sind (Fig. 165, 3; 166, 1; 167, 1 und 169), zwischen welchen Muskelfasern (Fig. 171, a) sehr verfilzt vorkommen. Sie heisst Muskelfaserhaut. Die vierte, welche elastische Haut genannt wird (Fig. 165, 2), besteht aus länglichen elastischen Fasern, und ist von einer fünften Haut, oder Tunica adventitia überzogen (Fig 165, 1).

In der zweiten, dritten, vierten und fünften Haut bildet elastisches Gewebe den Hauptbestandtheil, welches in der Tunica adventitia mit sehr vielen Fäden leimgebenden Gewebes, mit wenigeren in der elastischen Haut durchwebt ist, während die Ringsfaserhaut elastische Fasern und Lamellen, unwillkührliche Muskelfasern und vielleicht einige Fäden leimgebendes Gewebe enthält. Die gefensterte Haut besteht bloss aus elastischem Gewebe.

Die Zusammensetzung der Arterienhäute ist also einfach elastisches Gewebe in Fäden von verschiedener Dicke und Richtung, Fäden leimgebenden Gewebes und unwillkührlichen Muskelfasern, die mit Nerven und Haargefässen durchwebt sind.

Scherer, der die mittlere Haut analysirt hat, hat ein Gemenge von elastischen und Muskelfasern (mit Nerven und Haargefässen) verbrannt (Ann. der Pharm., Bd. 40) [1].

[1]) Die Aorta des Menschen. Ein getrockneter, in Wasser geweichter Querschnitt (Fig. 165 166 und 167). Nach Einwirkung der Essigsäure wird die Tunica adventitia (Fig. 165, 1) durchsichtig, mit Zurücklassung einiger weniger und dünner elastischer Fasern; sie geht allmälig in die elastische Haut (2) über, die mehr und dickere elastische Fasern (Fig. 168) zurücklässt; die hier folgende Ringsfaserhaut (Fig. 165, 3) bleibt viel dunkler und in derselben weichen die Fasern viel weniger aus einander; diese besteht aus vielen Lamellen, die in ziemlich regelmässigen Entfernungen (Fig. 166, 1 und 167, 1) parallel verlaufen und einzeln für sich aus einem Gewebe in allen möglichen Richtungen verflochtener, durchsichtiger, elastischer Fasern (Fig. 169) zu bestehen scheinen, die mehr nach innen keine Zwischenräume übrig lassen. Zwischen diesen Lamellen kommen die Muskelfasern mit dünnen elastischen Fasern vor (Fig. 166, 2 und 167, 2). Die Längsfaserhaut ist mehr körnig (Fig. 165, 4) durch die quer durchschnittenen Muskelfasern. Die gestreifte (Fig. 165, 5) zeigt sich als einige parallele Linien; wenn die Lamellen, aus welchen dieselbe besteht, sich umlegen, dann sieht man feine Fasern (vgl. Fig. 170), die in Essigsäure nicht verschwinden. Hierauf folgt das Epithelium.

Nach 6stündiger Einwirkung von Kali und Wasser wurden die Tunica adventitia und die elastische Haut mit Ausnahme der elastischen Fasern aufgelöst, während sich das in der Ringsfaserhaut zwischen den elastischen Lamellen vorkommende Gewebe noch faserig zeigt; die gestreifte Haut löst sich in durchsichtigen, zusammenhängenden Fasern von der übrigen Masse ab.

Der Querschnitt aus der Aorta einer Kuh zeigt nach der Behandlung mit Kali und Wasser ebenfalls überall elastische Fasern. Die Fasern sind in den verschiedenen Häuten verschieden breit und dick, und am dicksten in der Ringsfaserhaut. Das Epithelium löst sich ab und schwimmt in kleinen Plättchen weg.

Die Carotis einer Kuh. Die Ringsfaserhaut zeigt, wenn sie frisch praeparirt ist, auf der Oberfläche gesehen (zwischen den elastischen Lamellen) in mehr oder weniger regelmässigen Entfernungen elastische Fasern und zwischen diesen Verästelungen derselben. Zwischen diesen Verästelungen liegen undeutlich sichtbare, platte, breite Fasern, die aber nicht scharf begrenzt sind. Durch Essigsäure wird das Ganze mit Ausnahme der elastischen Fasern durchsichtig, aber bei weitem nicht so stark wie Bindegewebe, sondern wie unwillkührliche Muskelbündel. Hier und da sieht man Grenzen der erwähnten, weniger gut zu unterscheidenden Fasern ohne dazwischen liegende elastische Fasern, welche letztere auch keinen unmittelbaren Zusammenhang mit denen der unwillkührlichen Muskelfasern dieser Haut zu

Die Venen enthalten keine unwillkührliche Muskelfasern, bestehen aber im Wesentlichen aus ähnlichen Häuten wie die Arterien. Lamellen von zusammengehäuften elastischen Fasern

haben scheinen. Es schimmern nur überall kleine Theile der tiefer liegenden elastischen Fasern durch. Die unwillkührlichen Muskelfasern zeigen sich nach 7stündiger Einwirkung von concentrirtem Kali isolirt, und bestehen aus durchsichtigen Fäden mit unebenen Rändern und einer Menge durch die Substanz vertheilter feiner Körnchen. Es kommen also zwei Substanzen in denselben vor. Wenn man Wasser zugesetzt hat, löst sich die durchsichtige Substanz zuerst auf; die körnige Substanz leistet am längsten Widerstand, wird aber endlich in der verdünnten Lauge auch aufgelöst. — Die elastischen Fasern bleiben unverändert zurück.

Die ebenfalls frisch praeparirte gefensterte Haut zeigt von der Epitheliumseite sehr viele dicht beisammen liegende, fast parallele Fasern, die sich unter spitzen Winkeln vereinigen, dünne Fäserchen, die keine zu unterscheidende Theilchen einschliessen. Diese Fasern liegen der Längenachse der Arterie parallel, auf welcher die Muskelfasern der Ringsfaserhaut senkrecht stehen. Die Fasern der gefensterten Haut scheinen in einer Membran zusammenzuhängen. Durch Essigsäure wird das Ganze mehr durchsichtig, aber die Fasern bleiben unverändert. — Wenn sie gezerrt werden, schlagen sich die Ränder stark um. Nach 7stündiger Maceration in Kali sind die Fasern unverändert; nachdem man Wasser zugesetzt hat, ebenfalls; ebenso die Membran, in welcher die Fasern liegen. Diese besteht also wahrscheinlich auch aus elastischem Gewebe.

Die elastische Haut besteht aus elastischen Fasern (vgl. Fig. 168), welche Maschen bilden, deren grösste Dimension der Längenachse der Arterien parallel ist.

Die Längsfaserhaut fehlte hier.

Ein Querschnitt, der 4 St. in concentrirtem Kali gelegen hatte und dem etwas Wasser zugesetzt war. Man sieht in der elastischen Haut den Durchschnitt der länglichen elastischen Fasern, die einige concentrische Schichtchen um die Arterien bilden und dicht an einander schliessen; wenn eine dieser Lamellen sich umschlägt, sieht man das Netz der elastischen Fasern mit engen Maschen. Die Ringsfaserhaut hat ihre Muskelfasern verloren und zeigt lange Fasern (Lamellen) von elastischem Gewebe.

Die gestreifte Haut zeigt sich wie ein dunkler, ziemlich breiter Rand, von queren, durchschnittenen elastischen Fasern.

Die elastischen Fasern verlaufen demnach in der elastischen Haut parallel der Längenachse der Arterie; sie gehen nach aussen allmälig in die feinen elastischen Fasern der Tunica adventitia über; nach innen hängen sie mit denen der Ringsfaserhaut zusammen; in der Ringsfaserhaut findet man einzelne breitere, elastische Lamellen, von welchen die äussersten aus Fasern mit kleinen Maschen bestehen, während die innersten aus wahren zu-

(Fig. 176, a, b, c und d, und Fig. 178), nebst Fäden von leimgebendem Gewebe (Fig. 177) setzen die Venen zusammen. Die Fasern dieser beiden Elementarformen wechseln mit einander ab, und die Quantitäten sind in der Weise verschieden, dass die elastischen Fasern nach dem Lumen des Gefässes hin zwar dünner, aber häufiger (Fig. 173, a, 2 und 174, a, 2), nach aussen (Fig. 173, a, 1; 174, a, 1 und 176, a) aber dicker und häufiger durch Bindegewebefasern getrennt werden (Fig. 173 und 174, b, 2) [1].

sammenhängenden Platten bestehen, in welchen nur kleine Oeffnungen übrig bleiben, und zwischen denen grosse Räume liegen, zwischen welchen unwillkührliche kreisförmige Muskelfasern mit dünnen elastischen Fasern liegen. In der gestreiften Haut haben die Fasern meist eine Längenrichtung.

Nach Behandlung mit Kali löst sich die letztere leicht ab.

Wenn man aus der mittleren Haut der Aorta eines Schaafs einige Fäden herausnimmt (Fig. 171, a), so werden die Fasern durch Essigsäure (b) zwar durchsichtig, aber wie unwillkührliche Muskelfasern, und man sieht eine Menge regelmässig durch das Ganze vertheilter Kerne in denselben, mit feinen elastischen Fäserchen.

Die mit Essigsäure behandelte Carotis interna eines Schaafs zeigt sich ebenso wie die obengenannte Carotis. In der Adventitia kommen dünne elastische Fasern mit vielen Bindegewebefasern vor; die elastische Haut besteht aus dicht beisammen liegenden Lamellen elastischer Fasern, in der Anzahl von 6 bis 7, die nur wenig aus einander weichen und also nur wenig Fasern von Bindegewebe enthalten. Die Ringsfaserhaut besteht aus unwillkührlichen Muskelfasern, zwischen welchen dünne elastische Fasern liegen, während man in regelmässigen Entfernungen Lamellen von elastischen Fasern sieht. Die gestreifte Haut besteht aus einer Reihe von Lamellen, die aus feinen elastischen Fasern bestehen.

Die Arteria intercostalis eines Schaafs zeigt auf dem Querschnitt dieselben Häute wie die oben beschriebenen grossen Aorten.

Ebenso die Arteria coeliaca des Menschen, aber die elastischen Fasern zeigen sich mehr faden- als lamellenförmig.

Wenn man einen Querschnitt der getrockneten Aorta mit concentrirter Salpetersäure erwärmt und dann überschüssiges Ammoniak zusetzt, so wird ein Theil der Häute dunkelgelb, der Rest bleibt farblos. Welche Häute aber gelb werden und somit Muskelfasern enthalten, und welche farblos bleiben, lässt sich nicht mit Genauigkeit bestimmen. Die Ringsfaserhaut wird indess jedenfalls gelb. (*Donders* und *M.*)

[1]) Die Vena subclavia einer Kuh. (Getrockneter) Längenschnitt. In Wasser sieht man einige Schichten elastischer Fasern mit einander ab-

Das Haargefässsystem verdient besondere Beachtung. In den Haargefässen geht je das arterielle in das venöse Blut über, und da das Blut den Theilen des Körpers die nährenden Substanzen zuführt, so ist dieses Haargefässsystem der Ort, an welchem die wichtigsten Metamorphosen des Bluts stattfinden. Aus dem in denselben enthaltenen Blut schöpfen die in der Nähe liegenden Elementartheilchen des Körpers das, was sie zu ihrer Ernährung und Erhaltung brauchen.

Man denke sich dies aber nicht so, als ob die Haargefässe selbst die thätige Stelle wären, oder als ob die Wände der Ca-

wechseln, die der Längenachse der Vene parallel sind (vgl. Fig. 173, a); auf dem Querschnitt sieht man diese Fasern ebenfalls und die elastischen Fasern quer durchschnitten (vgl. Fig. 174, a und 175). Durch Essigsäure zeigen sich die elastischen Fasern in den äussersten Schichten (Fig. 174, a, 1 und 176, a) so breit wie in der elastischen Haut der Arterien; nach innen sind die elastischen Fasern dünner (Fig. 174, a, 2) und bilden immer mehr elastische Lamellen (Fig. 176, b, c und d). Die zwischenliegenden Bündel (Fig. 173, b und 174, b) sind durch die Essigsäure stark aufgequollen und bestehen aus Bindegewebe (Fig. 177), welches die Lamellen elastischen Gewebes von einander trennt. Nach der Innenfläche der Vene weichen diese Lamellen viel weniger von einander (Fig. 173, b, 1 und 174, b, 1), und hier liegen also zwischen den elastischen Lamellen weniger Bindegewebefasern.

Die breiten elastischen Fasern liegen in den innersten Häuten hier und da so enge mit einander verwebt, dass sie mehr die Form einer durchlöcherten Lamelle (Fig. 176, d), als die von Fasern zeigen.

Zwischen den Lamellen der elastischen Fasern findet man Schichten von Bindegewebefasern, so dass die Venen aus Schichten von elastischen Fasern und Lamellen — letztere nach innen — und aus Schichten von Bindegewebefasern bestehen. Unwillkührliche Muskelfasern wurden nicht in denselben beobachtet. Durch Essigsäure quellen die Fasern zwischen den elastischen Schichten plötzlich auf und sie werden durchsichtig. In der gefensterten Haut scheinen die Fäserchen nach 16stündiger Maceration in Kali und Zusatz von Wasser etwas aufgequollen (Fig. 178). Das Bindegewebe ist aufgelöst. Die elastischen Fasern und Lamellen bleiben unverändert.

Am Rande einer Klappe aus derselben Vene, die mit Jodtinctur gefärbt war, sieht man ein farbloses durchsichtiges Rändchen, das Epithelium.

Eine andere mit Essigsäure behandelte Klappe wird sogleich sehr durchsichtig und es verschwinden in derselben die Fäden des Bindegewebes. Es zeigen sich nur wenige elastische Fasern, die hier sehr dünn sind. In Kali und Wasser wird die Klappe, mit Ausnahme einiger Fasern, ziemlich rasch aufgelöst. (*Donders* und *M.*)

pillargefässe einen Einfluss auf den Stoffwechsel ausübten; es scheint im Gegentheil, dass das Capillargefässsystem nur dazu dient, den Nahrungsstoff den verschiedenen Elementarformen, die mit Haargefässen durchwebt sind, zu und von denselben zurückzuführen; ausserhalb der Haargefässe ist der Ort der Thätigkeit, der chemischen Umsetzung, keineswegs in denselben. Nichts desto weniger sind sie für das thierische Leben und für alle Verrichtungen desselben von der höchsten Wichtigkeit, weil von diesem Systeme dünner Röhrchen die Möglichkeit eines sehr zusammengesetzten Stoffwechsels im thierischen Organismus abhängt, dessen das Pflanzenreich nicht fähig ist; sie können aber keineswegs die Substanzen bilden, die ausserhalb derselben die Entstehung so sehr verschiedener Elementarformen veranlassen.

Die Capillargefässe bilden ein System geschlossener enger Röhrchen, das am Ende der Arterien beginnt und am Anfange der Venen endigt. Arterien und Venen stehen durch dieselben mit einander in ununterbrochener Gemeinschaft, wenn diese Gemeinschaft gleich durch sehr enge Röhrchen vermittelt wird. Daraus lernen wir, dass es nicht die Haargefässe sind, durch welche die Veränderung des arteriellen in venöses Blut geschieht, wenn gleich diese Veränderung in denselben stattfindet. Die Röhrchen sind nicht unterbrochen, was unter Anderem daraus hervorgeht, dass die Blutkörperchen, zwar in den engen Röhrchen verlängert und verbildet, aber doch wieder in derselben Form durch die Venen zurückkehren, in welcher sie durch die Arterien zugeführt sind. Das Capillarsystem bildet ein feines Netzwerk von Gefässchen, die sich nicht mehr theilen, keine feinere Aestchen mehr abgeben, aber auf vielfache Weise mit einander in Gemeinschaft stehen.

Ein System solcher Gefässchen findet man in allen Organen, welche nicht zu den S. 522 aufgezählten Epitheliumgeweben gehören. Einige Gewebe aber, so wie die Sehnen, die Bänder, die Knorpel, werden nur von aussen, oder rings um ihre Secundairbündel von demselben umsponnen, und erhalten

also keinen Nahrungssaft, ausser in sehr grossen Entfernungen. Zu jedem Organe gehen eine oder mehre Arterien, und aus demselben treten eine oder mehre Venen, die unter einander ein gemeinschaftliches Capillarsystem bilden, wenn die Gewebe, aus welchen ein Organ besteht, auch noch so verschieden sind. Die einander in allen möglichen Richtungen durchkreuzenden und in grosser Anzahl vorhandenen Aestchen der Haargefässe kommen durch diese Vertheilung den Elementartheilchen eines jeden Gewebes sehr nahe, haben aber doch mit den meisten derselben keine unmittelbare Gemeinschaft; sie sind dazu im Verhältnisse zu den Primitivfasern und Primitivkügelchen zu weit, wenn man die Fett- und Drüsenzellen ausnimmt, an denen man eine unmittelbare Berührung der Capillargefässe beobachtet hat. In vielen Organen wird ein Bündel von Primitivfasern von den Haargefässen gleichsam umsponnen, z. B. in den Muskeln, während die Drüsenkanälchen auf gleiche Weise von einem Gefässnetze umsponnen sind (*Henle,* Allg. Anat. S. 475).

Das Blut strömt nicht durch jeden Theil des Capillarsystems mit gleicher Schnelligkeit. Zunächst hat die grössere oder kleinere Vertheilung der Arterien und die grössere oder kleinere Anzahl von Mündungen, bevor sie in die Haargefässe übergehen, einen grossen Einfluss auf diese Schnelligkeit. In den Lungen sieht man oft plötzlich diesen Uebergang, und das Blut könnte dadurch in demselben Verhältnisse rascher circuliren, wenn das Lumen der Haargefässe hier nicht sehr klein wäre. Zweitens ist das Lumen der Haargefässe in verschiedenen Organen sehr verschieden. Je weiter die Gefässchen sind, desto rascher ist unter fast gleichen Umständen die Bewegung des Bluts. Dass diese trägere oder schnellere Bewegung des Bluts in den Haargefässen einen wichtigen Einfluss hat auf den Austausch der Substanzen, die durch ihre Wand hindurchtreten und in den Elementartheilen des Körpers umgesetzt werden, ist deutlich. In einigen Organen, in welchen die Haargefässe so eng sind, dass sie kaum Blutkörperchen durchlassen, verweilt das Blut lange, und diese langsamere Bewegung des Bluts kann dort

einen mächtigen Einfluss auf die angrenzenden Theilchen der Gewebe, von welchen der Nahrungsstoff nur durch die dünnen Wändchen der Haargefässe geschieden ist, ausüben; ein kräftigerer Austritt des Nahrungssafts aus den Haargefässen muss davon in gleicher Weise die Folge sein, wie ein eben so kräftiger Zurücktritt in dieselben. In den Lungen, in welchen die Haargefässe nach *Valentin's* Messungen sehr enge sind, ist — obgleich in einer bestimmten Zeit viel Blut durch die in diesem Organe so zahlreichen Aestchen der Capillargefässe strömt — die Bewegung des Bluts durch jedes einzelne Haargefäss träge, so dass die Auflösung des Sauerstoffs und der Austritt der Kohlensäure durch jene Gefässhäutchen nicht in einem kurzen Zeitraum zu geschehen braucht.

Der Verlauf und die Menge der Haargefässe ist eben so wenig in allen Organen gleich, wie die Weite. Man sieht keine Spur von Fasern oder irgend einem anderen zu unterscheidenden Theilchen in ihren Wänden; es sind Cylinderchen, deren Wände durchaus structurlos sind und in Essigsäure nicht aufgelöst werden. Man hat allen Grund, zu vermuthen, dass Proteinbioxyd freilich nicht der einzige, aber doch einer der wichtigsten Bestandtheile der Haargefässe ist; unsere Kenntniss ist in dieser Hinsicht beschränkt. Hier oder da findet man aber entweder in der Wand oder von aussen gegen dieselbe kleine Körperchen, welche die Grösse von Zellenkernen haben und mit diesen auch darin übereinstimmen, dass sie Kernkörperchen enthalten; man hält sie also für Zellenkerne. Man kann diese Zellenkerne bei etwas grösseren Haargefässen gegen die Aussenwand derselben in Menge unterscheiden; man findet ausser denselben noch andere längliche, der Länge oder der Quere nach liegende Körperchen von verschiedener Form.

Es fehlen den Haargefässen alle nach aussen sichtbare Oeffnungen. Was also vom Blute durch dieselben hinaustritt, muss exosmotisch durchdringen; was in dieselben eindringt, endosmotisch.

Welche Bestandtheile des Bluts durch die Wände der Haar-

gefässe durchschwitzen und welche in dieselben zurückkehren, soll bei den Secretionen behandelt werden. Dieser Aus- und Eintritt der Bestandtheile des Bluts der Haargefässe bedingt den Unterschied zwischen venösem und arteriellem Blut.

Lymph- und Chylusgefässe.

Ebenso wie die Venen entstehen aus einem eigenen Capillarsysteme Lymphgefässe, die, so wie die Venen, durch Aufnahme anderer aus vielen kleineren Stämmen stets grössere bilden und die sich zum grössten Theil mit dem Ductus thoracicus verbinden, der sich beim Menschen in die linke Vena subclavia ergiesst. Es bilden diese Lymphgefässe ein System mit den im Speisekanal entstehenden Chylusgefässen, die in den Ductus thoracicus münden.

Beide Gefässarten entstehen aus einem eigenen Capillarsysteme, und während letztere den Chylus oder einige der aus den Därmen aufgenommenen Substanzen führen, enthalten erstere eine Flüssigkeit, welche aus den Arterien in die Haargefässe gelangt ist, von hier durch die Wandungen der letzteren hindurchgeschwitzt ist und dem Stoffwechsel gedient hat. Es sind doch, wie bekannt, nicht die Venen, welche den grössten Theil der durch die Wände der Haargefässe ausgetretenen Flüssigkeit aufsaugen und in den Kreis der Circulation zurückführen, sondern es thun dies vorzugsweise die Lymphgefässe.

Die Lymph- und Chylusgefässe stimmen mit den Venen in so fern überein, dass sie dem Herzen Flüssigkeit zuführen, und zwar von allen Theilen des Körpers, die von den Arterien Flüssigkeit erhalten haben. Sowohl die Lymph- wie die Chylusgefässe nehmen durch die Wände des ihnen eigenthümlichen Capillarsystems grade so die umgebende — wenn gleich vielleicht nicht dieselbe — Flüssigkeit auf, wie die Venen, und im Darmkanale den Chylus oder die dem Inhalte der Därme entzogene Flüssigkeit. Sie sind also nicht mit Oeffnungen versehen, sondern sie lassen die Flüssigkeit durch die dünnen Wände der

äussersten Haargefässchen — Lymph- oder Chylushaargefässchen — endosmotisch durchtreten. Sie bilden ein Netz von Gefässchen, die oft sehr nahe beisammen liegen. Mit einem solchen für Flüssigkeiten durchdringlichen Gefässnetze ist die Oberfläche der Därme und der Haut bedeckt; man findet es aber auch in allen Theilen des Körpers, denen arterielles Blut zugeführt wird; man hat wenigstens in den Muskeln, im amorphen Bindegewebe, in den Drüsen und sogar in den Wirbeln Lymphgefässe gefunden.

Man findet den Anfang dieser Gefässe am deutlichsten in den Darmzotten, kleinen, in das Innere des Darmkanals frei hereinragenden Flocken. Auf der Oberfläche einer solchen Zotte sieht man auf den Wänden derselben kleine Zellenkerne, grade so wie auf den blutführenden Haargefässen.

Die Häute dieser Lymph- und Chylusgefässe bestehen aus Bindegewebe, das mit elastischen Fasern durchwebt ist.

Ueber die Flüssigkeit, welche sie enthalten, ist zu bemerken, dass sie nicht in unmittelbarer Gemeinschaft mit den Blutgefässen stehen [1]) und also auch keineswegs die im Blute herumschwimmenden Körperchen enthalten hönnen, also keine Blutkörperchen. Die in denselben enthaltene Flüssigkeit, die aus den grösseren Gefässen gesammelt werden kann, ist je nach dem Organ, aus welchem die Lymphgefässe entstehen, verschieden. Zunächst hat man zwei Flüssigkeiten zu unterscheiden: Chylus und Lymphe. Ueber beide wird bei den Flüssigkeiten des thierischen Körpers gehandelt.

[1]) Bekanntlich hat man die Anastomosen zwischen Blut- und Lymphgefässen, welche *Fohmann*, *Panizza* und *Lauth* für die drei niedersten Klassen der Wirbelthiere gefunden hatten, auch bei Säugethieren, namentlich beim Pferde, beobachtet. Indess haben manche Anatomen sie verworfen, und, wie es scheint, hat auch *Mulder* Zweifel gegen die Sache. Wenn auch *Gerber* die in Rede stehenden Anastomosen äusserst sorgfältig beschrieben hat, so kann man doch wegen der an den Einmündungsstellen der Lymphgefässe vorhandenen Klappen, den Eintritt des Bluts in dieselben bezweifeln, und es mag also ganz richtig sein, wenn *Mulder* die unmittelbare Gemeinschaft von Blut und Lymphe läugnet. (Anmerk. des Uebers.)

Nervengewebe.

Das Nervengewebe ist das edelste von allen; die Materie leistet in demselben die höchsten Dienste, welche wir uns von demselben denken können. Durch ein System von Fäden, die sich aus dem Centralorgan durch den Organismus vertheilen, werden Eindrücke von den Sinnesorganen aufgenommen und dem Gehirn überbracht, wodurch sie das Bewusstsein afficiren, und so wird umgekehrt von diesem Centralorgan aus nach vielen jener Theile eine Willensäusserung hinübergepflanzt. Ausserdem wird unabhängig von dem Einflusse des Willens vermittelst dieser Fäden vielfache Wirkung unterhalten.

Die Nerven bestehen aus Fasern, die als Wurzeln aus dem Gehirn entstehen und zu einem kleineren Stamme mit einander verbunden werden; solcher kleineren Stämme verbinden sich einige zu dickeren, die sich vom Gehirn aus fortsetzen und, nachdem sie sich in Aeste vertheilt haben, in die Organe eindringen, in welchen sie eine Thätigkeit unterhalten sollen. In diesen Organen schlängeln sie sich endlich in unendlicher Verästelung um die mikroskopischen Theile und sie kehren meistens in demselben Nervenbündel nach dem Gehirn zurück, in welchem sie gewisse Zellen in der grauen Substanz umwinden sollen, so dass sie gleichsam geschlossene Fäden ohne Anfang und ohne Ende wären, welche sich um die Gehirnzellen und die Elementartheile des Körpers biegen. Nach den Untersuchungen von *Hannover* und *Kölliker* hängen auch Nervenfasern mit den Ganglienkugeln zusammen, und *Henle* und *Kölliker* haben gesehen, dass sich eine Nervenfaser in den Paicischen Körperchen endigte.

Die Structur der Nerven ist zwiefach, je nachdem sie nach den Muskeln und der Haut gehen, welche weisse Nerven genannt werden, oder nach den Eingeweiden und den Blutgefässen, welche graue genannt werden.

Die weissen Nerven sind fest, glänzend und äusserlich

mit einer festen, theilweise aus Bindegewebe zusammengesetzten Scheide versehen. Durch dieses Scheidchen sind sie mit den umliegenden Theilen verbunden. Im Inneren ist der Durchschnitt eines Nerven eine Sammlung kleiner Nerven (Fig. 179, 1), die alle in einem Scheidchen von festem Bindegewebe (4), das mit dünnen elastischen Fädchen durchmischt ist, eingeschlossen sind, und diese werden mit einander durch lockeres Bindegewebe verbunden (2). Die kleineren, in den grossen eingeschlossenen Nerven bestehen wieder aus noch kleineren und dünneren Nervenbündeln, die alle wieder von einem eigenen Scheidchen umgeben sind; ebenso verhält es sich wieder mit diesen dünnen Nervenbündeln (Fig. 180), bis man an ein Bündelchen (2) kommt, das zwar zu einem Ganzen verbundene Nervenfasern, aber keine zu theilende Bündelchen mehr enthält. Letztere heissen Primitivbündel, die Fäden Primitivfäden, Primitivfasern oder Primitivröhren (Fig. 181 und 182).

Das Neurilem oder die Scheide der Nervenstämme, Nervenäste, Nervenfasern giebt beim Kochen in Wasser Leim, wird aber nicht ganz in diesen verändert. Ausser einem äusserst feinen Capillargefässnetze findet man nämlich hier und da elastische Fasern, welche in Essigsäure unauflöslich sind. Das Neurilem besteht demnach aus leimgebendem und elastischem Gewebe und aus Capillargefässen.

In einem Nervenstamm findet man also bis in die feinsten Bündelchen, welche später von diesem Aste abgehen, Bündel, die mit einem solchen Scheidchen umgeben sind, die Bündelchen mit einem ähnlichen umhüllt u. s. w., bis man endlich an die Primitivfäden der Nerven gelangt ist. Es sind Fasern (Fig. 182, a) mit dunkeln, breiten Rändern, glänzend, weiss, die das Licht stark brechen. Sie liegen entweder mit der Scheide parallel, oder sie sind eckig gebogen, oder aber sie liegen durch einander geschlängelt. Diese Fasern sind äusserst dünn, aber von verschiedenen Durchmessern; viele dünnere findet man in den Empfindungsnerven (Fäden von *Bidder* und *Volkmann*), meistens dickere in denen, welche den Muskeln angehören (Cere-

brospinalfasern); in der chemischen Beschaffenheit ergiebt sich aber zwischen diesen kein Unterschied. Durch Druck verlieren die Nervenfasern ihren Inhalt ganz und lassen ein Scheidchen zurück; woraus dieses Scheidchen bestehe, weiss man nicht bestimmt; leimgebendes Gewebe ist es nicht; es ist auch nicht wahrscheinlich, dass es bloss aus elastischem Gewebe zusammengesetzt sein sollte, denn es wird nach kurzer Zeit in Kali aufgelöst.

Der Inhalt der Nervenfasern oder die eigentliche Nervensubstanz ist während des Lebens durchaus homogen, nach dem Tode aber scheidet er sich in zwei Hauptbestandtheile, in eine albuminöse, in Wasser vertheilte Substanz, und in Fette. Durch Abkühlung, auch rasch durch Berührung mit kaltem Wasser entsteht diese Scheidung der Bestandtheile der Nervensubstanz, so dass der Inhalt, welcher homogen war, eine Menge von Kügelchen bekommt, welche zusammenfliessen, die Mitte des Fadens einnehmen (Fig. 182, b) und dieser ein durchsichtiges Aussehen verleihen, während sich die eiweissartige Substanz wie eine dicke Wand gegen das Innere des Scheidchens ablagert.

Diese Scheidung verdient einige Beachtung. Die Hauptbestandtheile der Nervensubstanz sind Fett, Eiweiss und Wasser. Im Leben sind diese zu einem Ganzen verbunden, das sich nach dem Tode in seine einzelnen Theile trennt. Essigsäure löst die Proteinsubstanz auf, nicht das Fett; Kali löst beide auf; Aether letzteres, und erstere nicht. Die Proteinsubstanz herrscht vor, und Essigsäure macht also den Inhalt der Nervenfasern flüssig, mit Zurücklassung einer gebogenen dicken Achse (Fig. 184); Kali verändert das Ganze in eine dicke, zähe Flüssigkeit, und lässt nach Zusatz von Wasser Fettkügelchen (Fig. 185) zurück; durch Aether wird es dick körnig und die Achse verschwindet (Fig. 186, a).

Die Veränderung, welche die Nervensubstanz kurz nach dem Tode erfährt, ist also keine Gerinnung, sondern eine wahre Scheidung von Substanzen, die im Leben verbunden waren, eine Scheidung, die man ungefähr vergleichen kann mit dem

Aufsteigen des Rahms aus dem Käsestoff der Milch, zwei Körper, die ebenfalls vorher eine emulsionsartige Flüssigkeit bildeten, die sich aber in der Ruhe trennen. Die Verbindung der Fetttheilchen in der Achse der Primitivnervenfasern, während die mit Wasser vermischte eiweissartige Substanz gegen die Wände des Scheidchens der Primitivfaser zurückbleibt, ist mit einer beachtungswerthen Erscheinung verbunden; die Veränderung der Nervensubstanz fängt nämlich von der Scheide an, und während von hier nach innen immer körnige Substanz sichtbar wird, ist die Achse des Cylinderchens durchsichtig geworden. Die mit Fett und Wasser zu einem emulsionsartigen Körper verbundene Proteinsubstanz bildet die äussersten körnigen *Theile*; eine grössere Quantität Fett mit mehr oder weniger Proteinsubstanz, ohne Wasser, bildet die innere durchsichtige Achse. Beide enthalten die Proteinverbindung; letztere wird durch Wasser eben so undurchsichtig, wie die erstere ist.

Dieser Achsencylinder — fürwahr ein sonderbarer Name — fehlt indess häufig, und man hat ihm zu grosse Wichtigkeit beigelegt [1]).

[1]) Getrockneter Querschnitt des Nervus ischiadicus des Menschen. Rundliche durchschnittene Bündel (Fig. 179, 1) von sehr verschiedenem Durchmesser, ungefähr zur Hälfte mit Bindegewebe durchwebt (2) in welchem bisweilen Fett vorkommt (3). Bei einer stärkeren Vergrösserung (Fig. 180) sieht man runde Durchschnitte der Nervenfasern unmittelbar an einander grenzen. Nach Zusatz von Essigsäure scheidet sich von einem secundairen Bündel das lockere Bindegewebe, das ganz durchsichtig wird, ab, und das secundaire Bündel zeigt einen durchsichtigen Rand (Fig. 179, 4 und 180, 1), welcher das Bündel ganz umgiebt. Bei fortgesetzter Einwirkung der Essigsäure zeigt das secundaire Bündel viele Unterabtheilungen, die Primitivbündel (Fig. 180, 2), indem das aufgequollene Bindegewebe (3) durchsichtige Linien unterscheiden lässt; die Primitivbündel selbst sind frei von Bindegewebe und zeigen eine Gruppe von primitiven Nervenfasern, die dunkel bleiben und unmittelbar an einander grenzen. Die Primitivbündelchen haben eine verschiedene Dicke und enthalten der Zahl nach von vierzig bis hundert Primitivfasern. Bei noch stärkerer Vergrösserung sind die Primitivfasern rundlich und aus einer dicken Wand zusammengesetzt; sie enthalten concentrische Linien und im Inneren einen rundlichen Kreis, in welchem grade in der Mitte der Nervenfaser ein durchsichtiges Pünktchen vorkommt (Fig. 181).

Die grauen Nerven unterscheiden sich von den weissen zunächst durch die dünneren Nervenfasern (Fig. 189), welche mit einer durch Essigsäure sehr ausdehnbaren Hülle (2) umge-

Um jedes secundaire Bündel findet man grade so, wie um jedes primitive Bündel, das Neurilem in concentrirter Essigsäure durchsichtig; es besteht aus aufgequollenen Bindegewebefasern, die mit elastischen Fasern durchwebt sind, welche sich indess nicht weit fortsetzen. Sie liegen kreisförmig um die Bündel herum.

Wenn man den Querschnitt der Nerven mit concentrirter Salpetersäure behandelt, so sieht man in den Primitivfasern einen scharf begrenzten Rand mit einem durchsichtigen kreisförmigen Theile, welcher die Achse einnimmt.

Letzter oder zehnter Rückenmarksnerve des Frosches. Eine Menge paralleler Nervenfasern mit doppelten Contouren und unregelmässig körnigem Inhalt. Eine einzelne (1) hat einen homogenen Inhalt und ist gar nicht körnig. Durch die Zerrung sind die Scheiden einiger Primitivfasern zerrissen, und der Achsencylinder (2) kommt viel dünner als die Nervenfaser aus denselben zum Vorschein; er ist sehr durchsichtig, nicht körnig.

Die Scheiden der Primitivfasern scheinen, nachdem sie $\frac{1}{2}$ St. in concentrirtem Kali gelegen haben, aufgelöst, und der Inhalt ist fein körnig geworden (Fig. 183). Die Fäden brechen durch das Kali an vielen Stellen senkrecht auf die Achse ab, und sind an anderen Stellen varikös ausgedehnt.

Das Neurilem wird durch Behandlung mit Essigsäure während einer Stunde durchsichtiger, aber nicht so wie Bindegewebe. Der Inhalt der Nervenfäden wird durchsichtiger und dehnt sich aus, das Ganze quillt gleichmässig auf, die doppelten Contouren verschwinden. Durch verdünnte Essigsäure wird im Gegentheil der Nervenfaden dunkler und körnig. Durch concentrirte Essigsäure quillt die albuminöse Substanz des Inhalts auf und sie wird gallertig, wodurch die Scheide ausgedehnt und folglich durchsichtiger wird, während verdünnte Essigsäure den albuminösen Inhalt nicht gallertig machen kann. Der Inhalt einzelner Nervenfasern ist in concentrirter Essigsäure Sförmig gebogen, bisweilen sogar spiralförmig, wo er nicht die Achse einnimmt (Fig. 184, 1). Es scheint der aus Fetten bestehende Achsencylinder zu sein, der nach verschiedenen Richtungen durch die Theilchen Eiweiss, welche um die Achse liegen, gegen die Scheide verdrängt ist, indem die Masse durch Essigsäure stark aufquillt.

Nach langer Einwirkung von concentrirtem Kali lösen sich die Scheiden und weichen vom Inhalt ab, den sie als ein körniges Ganze zurücklassen. Die Scheiden lösen sich in Lamellen ab und werden also in Kali aufgelöst. Nach Zusatz von Wasser vertheilt sich der Inhalt in eine feinkörnige Substanz, welche lange ihren Zusammenhang behält und runde Kügelchen zeigt; die Scheide ist indess vollkommen aufgelöst. Das Eiweiss scheint nun vollkommen in Kali aufgelöst zu werden, während das Fett in überschüs-

ben sind, sich aber übrigens von den Nervenfasern der weissen Nerven nicht unterscheiden; sodann durch die grössere Menge von Bindegewebe (1), das sich zwischen den Bündeln findet, und durch die hier überall vorhandenen *Remak*'schen Fasern, die sich als blasse, platte, durchsichtige Fasern zeigen, in welchen namentlich nach Einwirkung der Essigsäure deutliche Kerne beobachtet werden [1]).

sigem Kali unlöslich ist. Die runden Kügelchen fliessen zusammen, werden grösser, und bleiben oft in der Richtung der vorigen Nervenfaser als grosse Fett- oder Seifenkügelchen übrig (Fig. 185).

Zehnter Rückenmarksnerve, nicht ganz frisch durch Aether ausgezogen. Die Primitivnervenfasern sind bis auf den äussersten Umriss körnig, und diese Körnchen sind durch die Achse und über die ganze Oberfläche verbreitet, vorzugsweise aber an den beiden äussersten Rändern in zwei Reihen geschaart (Fig. 186, a). Durch concentrirte Essigsäure verschwinden die Körnchen und das Ganze wird gleichmässig durchsichtig blass und aufgequollen (Fig, 186, b). Am äussersten Rande ist ein Scheidchen einer dünnen Membran gut zu unterscheiden; er ist weniger durchsichtig als der mehr nach innen liegende Theil.

Derselbe Nerve eine Stunde lang in concentrirtem Kali macerirt. Durch Zusatz von Wasser wird die Primitivfaser sehr körnig, und zwar über die ganze Oberfläche, was einer partiellen Auflösung zugeschrieben werden muss. Allmälig verschwinden die Fadenformen, die Körnchen werden kleiner und am Ende bleibt nichts Sichtbares zurück. Die Abwesenheit dessen, was mit Kali in Nervenfasern, die durch Aether nicht ausgezogen waren, gesehen wurde, bestätigt die obenerwähnte Vorstellung.

Die sympathischen Nerven von *Bidder* und *Volkmann* aus einem Frosche (Verbindungsast des 8ten Rückenmarksnerven mit dem Sympathicus). Meistens dünne Fäden (Fig. 187, a) ohne doppelte Contouren. Nachdem sie eine Stunde in concentrirtem Kali gelegen haben, sind sie durchsichtig und körnig geworden (b) und nun zeigen sie die grösste Aehnlichkeit mit den Cerebrospinalnerven. (*Remak*'sche Fasern fehlen; diese finden sich bei den warmblütigen Thieren im Sympathicus.)

Nachdem sie eine Stunde in concentrirter Essigsäure gelegen haben, bekommen sie auch spiral- oder S förmig durchsichtige Theile der Achse (c), die durch das Aufquellen der albuminösen Substauz gegen die Fette der Achse entstanden sind, gradeso wie in den Cerebrospinalnerven. Diese Nervenfasern scheinen also ganz ebenso beschaffen wie die Cerebrospinalfäden. (*Donders* und *M.*)

[1]) Nervus splanchnicus major des Menschen, ein reiner sympathischer Ast (Fig. 188); auf dem Durchschnitt einige secundaire Bündel (1), zwischen welchen sehr viel lockeres Bindegewebe (2) liegt. Durch Essig-

Wenn die Fasern der weissen Nerven in denselben vorherrschen, so nähern sie sich diesen sowohl im Aussehen wie in der Function, und umgekehrt. In den Aesten des N. sympathicus (Fig. 187 und 188) findet sich die zweite Art von Fasern in bei weitem der grössten Menge, und man findet dort nur sehr wenige Fasern der weissen Nerven. Die Natur der diesen Nerven beigemischten Fasern kann — wenn sie wirklich Fäden von leimgebendem und elastischem Gewebe sind — keinen unmittelbaren Einfluss auf die Function dieser Nerven ausüben.

Die Fasern dieser grauen Nerven entspringen grösstentheils oder ausschliesslich in den Ganglien, in welchen man ausser den Nervenfasern eine Menge eiförmiger oder eckiger Körperchen (Fig. 194 und 197) findet, in deren Mitte sich ein helles, durchsichtiges, rundes Körperchen (2) findet, das mit einem Rande umgeben ist, so dass es wie zwei in einander eingeschachtelte Bläschen (Globuli nucleati) aussieht; es kommen diese in Menge in der grauen Hirnsubstanz vor, und es soll

säure dehnt sich das Ganze sehr aus, es quillt also die Zwischensubstanz auf; die secundairen Bündel haben ein eigenes Neurilema (3), das sich dadurch von der Zwischensubstanz unterscheidet, dass diese letztere aus Bindegewebefasern besteht, die mit hier und da angeschwollenen elastischen Fasern untermischt sind, während das Neurilem ein netzförmiges Gewebe elastischer Fasern ist, denen Bindegewebefasern beigemischt sind, und sich durch Essigsäure wenig ausdehnt.

Die secundairen Bündel lassen nach der Behandlung mit Essigsäure mehr Zwischenräume übrig (Fig. 189, 1), als bei den animalen Nerven. Zwischen diesen müssen also Bindegewebefasern liegen, die durch Essigsäure aufquellen. Die Primitivbündel haben also eine Hülle, die nach Behandlung mit Essigsäure durchsichtig wird und aufquillt.

Die Primitivfasern sind sehr dünn (Fäden von *Bidder* und *Volkmann*), sie sind mit sehr wenigen dickeren untermischt. Ihre Hülle (2) quillt auf und zeigt sich breit, wenn man Essigsäure hinzugesetzt hat; der Inhalt ist dunkel (3).

Derselbe Nervus splanchnicus zeigt in einem frischen, aus einander gezerrten Längenschnitt schöne Bindegewebe- und elastische Fasern, welche letztere sich auf Zusatz von Essigsäure spiralförmig zusammenziehen. Die Primitivfasern sind dickere, dünnere und *Remak*'sche Fasern; sie sind mit vielen Kernen versehen. (*Donders* und *M.*)

unten davon die Rede sein. Die genannten unregelmässigen oder eiförmigen Körperchen liegen zwischen den Fasern zerstreut, in Zellen des Neurilems eingeschlossen, wodurch das Ganglion eine rauhe Oberfläche bekommt. Die Nervenfasern, die in ein solches Ganglion eintreten, lösen sich in Fasern auf, welche die genannten Körperchen in allen möglichen Richtungen umspinnen (Fig. 194).

Die Art und Weise, in welcher die Nerven mit den Organen, die sie in Thätigkeit versetzen, verbunden sind, ist sehr verschieden. Die Muskeln enthalten Nervenäste, die sich vielfach vertheilen und Schlingen bilden, die nicht endigen, sondern quer über ein Muskelbündelchen hin verlaufen; der Anfang und das Ende solcher Nervenfäden hängt also mit einem Nervenast zusammen. In der Haut vertheilen sich die Empfindungsnerven in sehr feine Fäden, die ein rautenförmiges Netzwerk bilden und sich wieder zu einem neuen Nervenstamm verbinden. Auch dort findet man also kein Ende der Nervenfasern. Selbst in die Wärzchen der empfindlicheren Theile der Haut tritt nur eine Nervenschlinge, kein Ende eines Nervenfadens. Ebenso verhält es sich in der Schleimhaut.

Im Gehirn und im Rückenmark entspringen die Nerven nach den jetzt bekannten Beobachtungen als einfache Nervenfasern, die von ihrem Ursprunge her mit einer Scheide umgeben sind, in welcher die Nervensubstanz eingeschlossen ist. Die ganze weisse Substanz des Hirns und Rückenmarks ist eine Sammlung unendlich vieler solcher Fasern (Fig. 190), die aus feinen Röhren mit einer Art Mark als Inhalt bestehen, welche Röhren verschiedene Durchmesser haben und von denen die weitesten am unteren Theile des Rückenmarks vorkommen. Diese Fasern vereinigen sich zu Bündeln, welche offenbar in die an dieselben grenzenden Nerven übergehen, zum Theil auch seitlich mit einander verbunden und in vielfache Richtungen verfilzt sind. Die Nervenröhrchen der Nerven haben mit denen des Gehirns eine unmittelbare Gemeinschaft; von anderen in den Nerven der Eingeweide und Blutgefässe gefundenen Fasern hat man

in der weissen Hirnsubstanz noch nichts gefunden, und die Bestandtheile der weissen Hirnsubstanz lassen sich also jetzt auf die zurückführen, aus welchen die feinsten Nervenfasern, d. h. die erwähnten Röhrchen der weissen Nerven bestehen [1].

Nach *Valentin* biegen sich die Nervenfasern im Gehirn ebenso um, wie dies in den Organen der Fall ist, welche die Nerven versorgen. Die weisse Hirnsubstanz kann wie eine Sammlung jener Röhrchen betrachtet werden, aus welchen, wie wir sahen, die Enden der Nervenfasern bestehen. Der Anfang derselben ist gleich dem Ende.

Ein von aussen betrachteter Durchschnitt der grauen Hirnsubstanz zeigt unter dem Mikroskop eine körnige, mit Bläschen versehene Substanz (Fig. 191, a), in welcher man kleine, undurchsichtige, runde Körperchen findet. Mehr in der Tiefe findet man eine Structur, welche mit der der Ganglien um so mehr übereinstimmt, je mehr man sich der Marksubstanz des Hirns nähert. Es legen sich nämlich zwischen die genannten Bläschen Nervenfasern, grade so wie in den Ganglien. Diese Bläschen nennt man Ganglienkugeln (Fig. 191, 192, a und 193). Es sind grössere Zellen, die ungefähr in der Mitte eine kleinere enthalten, und in dieser inneren Zelle ein Kernkörperchen. Dieser Kern wird durch verdünnte Essigsäure viel deutlicher, und die ganze Kugel körnig. Dem Kali leisten sie lange Widerstand.

Bei einer starken Vergrösserung sieht man die körnige Substanz in den Ganglienkugeln zu Zellen gruppirt (Fig. 191, b); in der Mitte findet man eine deutliche Zelle mit einem klaren In-

[1]) Weisse Hirnsubstanz einer Kuh, vom äussersten Schichtchen des Cornu Ammonis. Eine körnige Masse, mit einigen varikösen dünnen Nervenfasern untermischt (Fig. 190, a). In den Hemisphären zeigt sie in allen Richtungen verwebte dünne Nervenfasern (b), aus welchen augenscheinlich fast die ganze Masse besteht. Alle diese Fasern sind warzig angeschwollen (das Gehirn war 2 × 24 St. alt), einzelne viel dicker als die übrigen, andere viel dünner als die Massa. In der Medulla oblongata giebt es wieder lauter sehr dicke Nervenfasern (c), mit dicken Scheidchen und gut zu unterscheidendem Achsencylinder. Einige sind ausserordentlich dick. (*Donders* und *M.*)

halte und einem Kern, der in einer Zellmembran eingeschlossen ist [1]). In der genannten körnigen Substanz ist eine fette Substanz enthalten.

[1]) Graue Substanz aus dem grossen Hirn einer Kuh. Eine mit sehr vielen Blutgefässen durchwebte körnige Substanz. Auf Zusatz von Wasser kommen Kügelchen (Fig. 191, a) mit einem körnigen Inhalt und körnigem Rande zum Vorschein, in welchen ein Kern (Zelle) und ein Kernkörperchen (Kern) enthalten ist. Diese Ganglienkugeln sind aber sparsam durch eine Masse feinkörniger Substanz vertheilt. Zwischen denselben finden sich sehr viele dünne Nervenfasern. (Ohne Wasser wurden sie nicht gesehen, und das Praeparat wurde ohne Deckplättchen untersucht.)

Essigsäure macht das Ganze, auch die Ganglienkugeln, körniger, ertheilt aber diesen einen hellen breiten Rand. Der Kern wird durch dieselbe viel deutlicher, so wie die ganze Ganglienkugel. Die übrige, nicht aus Ganglienkugeln bestehende Masse wird ebenfalls durch verdünnte Essigsäure dunkler, und die Ganglienkugeln werden in derselben durch ihre jetzt gut zu unterscheidenden Kerne deutlich sichtbar; man sieht in der Weise, dass die ganze Masse offenbar keineswegs aus Ganglienkugeln besteht.

Von derselben Form sind die Ganglienkugeln aus der grauen Substanz des Cornu Ammonis des Kuhhirns, nachdem man die körnige Substanz, die sich auch hier in reichlicher Menge findet, mit Wasser weggewaschen hat. Das Ganze ist mit Haargefässen und varikös angeschwollenen Nervenfasern durchmischt. Unter der unregelmässig körnigen Substanz kommen ausser den Ganglienkugeln körnige Kügelchen vor (Fig. 192, a), die etwas grösser sind, als die Kerne der Ganglienkugeln und andere klare und durchsichtige (b), welche die Grösse jener Kerne haben und wie Fettbläschen durchsichtig sind.

Bei einer sehr starken Vergrösserung (Fig. 191, b) sieht man in den Ganglienkugeln neben dem Kern eine zellige Gruppirung der körnigen Substanz.

Die graue Substanz des kleinen Gehirns einer Kuh enthält eine Menge Ganglienkugeln (Fig. 193), die mit Nervenfasern durchwebt sind. Die Kugeln haben Zellen mit Kernen, einen körnigen Inhalt; einzelne sind an der einen Seite birnförmig (1) verlängert. Die Grösse dieser Ganglienkugeln ist viel bedeutender als die der Kugeln in der grauen Substanz des grossen Hirns.

Graue Hirnsubstanz; von einem lebenden Frosche wurde ein Theil der obersten äussersten Hirnoberfläche mit der Scheere weggenommen, und darunter ein dünnes Schichtchen der Corticalsubstanz. Unter dem Mikroskop bemerkt man sehr schwach die Ganglienkugeln als runde, umschriebene, mit kleinen Körnchen versehene Kügelchen. Durch concentrirte Essigsäure werden sie viel deutlicher sichtbar, sowohl die umschriebenen Ränder, wie der körnige Inhalt. Nach einiger Zeit verschwinden sie.

Eben so unbedeutend wie unsere Kenntniss der Form der Elementartheile des Gehirns und der Nerven für die Kenntniss der Functionen der edelsten Organe ist, so unbedeutend ist auch die Kenntniss der chemischen Zusammensetzung dafür.

Ein anderes Praeparatchen zeigt in Wasser eine sehr grosse Menge derselben Ganglienkugeln, so dass sie unmittelbar an einander grenzen und die ganze Masse der grauen Hirnsubstanz aus denselben zu bestehen scheint. Zwischen denselben finden sich sehr viele, sehr kleine Kügelchen, die wie Fettbläschen aussehen und nicht zu den Ganglienkugeln gehören. Wenn man darauf Essigsäure zugesetzt hat, kommen die Ganglienkugeln deutlich zum Vorschein und lassen einen dicken, wohl begrenzten Rand und einen körnigen Inhalt deutlich unterscheiden. Die Kugeln sind aber hier mit durchsichtigen Fäden, die in einer bestimmten Richtung verlaufen, durchwebt.

Die Ganglienkugeln quellen durch concentrirte Essigsäure auf und zeigen aufs deutlichste einen Kern. Die Fettbläschen bleiben zurück, nachdem das Ganze aufgelöst, oder doch unsichtbar geworden ist.

Die graue Substanz des Rückenmarks zeigt eine Menge wohl begrenzter Ganglienkugeln, die mit einer Menge von Nervenfasern durchwebt sind. Durch Essigsäure wird alles durchsichtig und mit Zurücklassung einer Menge kleiner Fettbläschen aufgelöst.

Die graue Hirnsubstanz zeigte, nachdem sie mit concentrirtem Kali behandelt war, die Ganglienkugeln unverändert, zu einer kleinen Gruppe zusammengehäuft. Durch Zusatz von Wasser bleiben sie anfänglich unverändert, allmälig aber verlieren sie ihre Form und bilden eine gleichmässige, körnige Substanz, in welcher eine Menge kleiner Fettbläschen schwimmen, die also nicht verseift werden. Diese Bläschen sind durchaus dieselben, welche oben erwähnt sind.

Ganglion Gasseri einer Kuh. Grosse, mit einer Menge von Nervenfasern umsponnene Ganglienkugeln (Fig. 194). Eine Ganglienkugel (1) zeigt durch Behandlung mit verdünnter Essigsäure eine Zelle (2), die $\frac{1}{4}$ des Durchmessers der Kugel misst, in derselben einen deutlichen Kern; nach einiger Zeit ist die Zellwand der Zelle verschwunden, der Kern sehr deutlich und der Inhalt der Ganglienkugel ganz körnig geworden. Ohne Essigsäure ist der Kern wohl, der Umriss der Zelle schwer zu unterscheiden. Durch concentrirte Essigsäure wird der Umriss (Fig. 195, 1) der Ganglienkugel breit, und er scheint aus Fasern (*Remak*'schen Fasern) zu bestehen, in welchen viele kleine verlängerte Kerne sichtbar sind. In der Ganglienkugel ist der körnige Inhalt (2) ein deutlich zelliger geworden, der aus einer Menge kleiner Zellchen mit schwachen Umrissen und körnigem Inhalte besteht, die gegen einander gedrückt sind und die ganze Ganglienkugel anfüllen. Nach Auflösung der umhüllenden Fasern (die Kerne bleiben ungelöst und theilen sich) ist die Kugel ohne zu unterscheidenden Rand unversehrt geblieben.

Die chemische Natur des Gehirns hängt ab von der Stelle, an welcher man es untersucht. Die weisse Hirnsubstanz scheint aus denselben Substanzen zu bestehen, wie die Primitivfasern der Nerven, und also aus einem eiweissartigen und fetten Inhalt dünner Scheidchen. Die graue Substanz besteht einerseits, wenigstens an den Grenzen, aus eben diesen Fasern, andererseits aber aus den Ganglienkugeln, welche einen fettigen und eiweissähnlichen Inhalt zu besitzen scheinen, andererseits aber

Nach längerer Einwirkung der Essigsäure, bei Druck und Vertheilung der Ganglienkugeln, wird der ganze zellige Inhalt blass und allmälig so aufgelöst, dass nichts mehr zu unterscheiden ist.

Durch concentrirtes Kali werden die Ganglienkugeln nicht verändert; wenn man Wasser zugesetzt hat, leisten sie lange Widerstand; sie lassen noch sehr lange den zelligen Inhalt der Ganglienkugeln als deutliche Zellchen gut unterscheiden. Wo die äussere Hülle entfernt ist, wird der Inhalt durch das Kali aufgelöst. Diese Hülle widersteht aber und scheint sich auf diese Weise im Alkali nicht aufzulösen.

Während aus den umspinnenden Nerven eine Menge Fett- oder Seifenkügelchen zum Vorschein kommen, sieht man diese bei der Behandlung mit Kali in den Ganglienkugeln selbst nicht.

Auf sehr vielen Ganglienkugeln liegt eine gekrümmte, sich über die Oberfläche hinschlängelnde Nervenfaser (Fig. 196). Wir sahen nirgendwo auf eine überzeugende Weise zwischen Ganglienkugeln und Nervenfasern einen Zusammenhang.

Concentrirte Salpetersäure verändert sie nicht, auch nicht nach einer Stunde; nur wird das Ganze weniger durchsichtig, körniger. Die Nervenfasern sind ebenfalls, was ihre Wände betrifft, unverändert geblieben. Nach Uebersättigung mit Ammoniak ist die ganze Masse gelb, die Kugeln sind ungelöst und ihr Inhalt ist grobkörnig; die Zelle und der Kern derselben sind unsichtbar; die Hülle aufgequollen und faserig. Durch Druck vertheilt sich die Masse, durch Zusatz von Wasser wird sie nicht aufgelöst.

Ein kleiner Durchschnitt eines getrockneten Ganglion Gasseri giebt mit Wasser eine schöne Gelegenheit, die *Remak*'schen Fasern oder den faserigen Umriss (Fig. 197, 1) deutlich zu sehen, und ebenso einen klaren Umriss der in jeder Ganglienkugel vorhandenen Zelle (2).

In einem frischen, 48 St. lang in concentrirtem Kali aufbewahrten Stückchen sind die Ganglienkugeln dem Inhalte nach sehr dunkel geworden und kleiner, so dass man nichts mehr in denselben unterscheiden kann. Durch Zusatz von Wasser quellen sie sehr stark auf, werden aber langsam aufgelöst; die Wand scheint sogar gar nicht aufgelöst zu werden. (*Donders* und *M.*)

aus den Membranen der grösseren und eingeschlossenen Zellen und aus deren Kernen. Indem die weiche, dem Drucke nachgebende Masse der weissen und grauen Substanz mit Blutgefässen versehen ist, findet man in derselben die Bestandtheile des Bluts alle ohne Unterschied.

Analysen von *Lassaigne* haben die folgenden Resultate ergeben:

	Graue Substanz.	Weisse Substanz.
Eiweiss	7,5	9,9
Farbloses Fett	1,0	13,9
Rothes Fett	3,7	0,9
Fleischextract, Milchsäure, Salze	1,4	1,0
Phosphorsaure Salze	1,2	1,3
Wasser	85,2	73,0.

Die Resultate der Analyse von *Lassaigne* waren an dem Hirn eines Wahnsinnigen gewonnen. *Vauquelin*'s für die weisse und graue Substanz vermischt gefundene Resultate nähern sich den soeben genannten. *Denis* fand (Récherches sur le sang, p. 30):

	Bei einem 20 Jährigen.	Bei einem 70 Jährigen.
Eiweiss	7,3	7,8
Phosphorhaltiges Fett .	12,4	13,3
Fleischextract und Salze	1,4	2,5
Wasser	78,0	76,0
Verlust	0,9	0,4.

Nach *Frémy*'s Angabe enthält das Gehirn 7% Eiweiss, 5% Fette und 80% Wasser, und der Rest wäre Fleischextract und Salze.

In diesen Analysen ist aber gar keine Rücksicht genommen auf die Scheidchen der Primitivfasern, noch auf die Zellmembranen der Ganglienkugeln.

Eigenthümliche, anderswo im Körper nicht vorkommende Bestandtheile findet man in den Resultaten der Analysen nur in den Fetten, obgleich man eingestehen muss, dass unsere Kenntniss der Zusammensetzung des Gehirns höchst unvoll-

kommen ist. Das Eiweiss findet sich in demselben in einer Form, die man coagulirt nennen kann; es ist wenigstens in Wasser unlöslich, und verbindet sich so innig mit dem Fett, dass das mit Wasser abgeriebene Gehirn gleichsam eine Mandelemulsion bildet. Dass die Substanz nicht in Wasser gelöst ist, lehrt der Umstand, dass Essigsäure dieselbe flüssig macht. Nach *Denis* wird die Hirnsubstanz im Alter fester.

Durch Alkohol und Aether lassen sich die Fette aus dem Hirn ausziehen. Sie sind Cholesterin, eine Fettsubstanz, die sich in reichlicher Menge in der Galle findet, im Blut vorkommt u. s. w. (vgl. S. 265) und welche die Hauptmasse der Hirnfette bildet.

Couërbe hat einige dem Gehirn eigenthümliche Fette aus demselben abgeschieden. Ein Fett, welches er Cerebrot nennt, und das nach einer von *Berzelius* berechneten Formel durch $C^{180} H^{360} N^8 O^{26} S^2 P^3$ ausgedrückt werden kann. Es soll ein pulverisirbares, unschmelzbares Fett sein, das in Aether unlöslich in Alkohol löslich, beim Erkalten aber fällbar und nicht verseifbar ist.

Cerebrol, von *Couërbe* Eleencephol genannt, ein zweites Hirnfett, soll durchaus dieselbe Zusammensetzung haben, wie das folgende, flüssig, röthlich, in Aether auflöslich, in Alkohol schwer löslich sein.

Cephalot, schmutzig gelb, weich wie Caoutchouc, in Alkohol schwer, in Aether in 25 Theilen löslich, durch Alkalien verseifbar. In der Zusammensetzung nähert es sich dem Cerebrot. *Berzelius* berechnet dafür $C^{180} H^{360} N^8 O^{30} S^2 P^3$.

Stearoconot gelblich braun, pulverförmig, für sich in Aether unlöslich; nach einer aus *Couërbe*'s Analyse von *Berzelius* berechneten Formel: $C^{144} H^{288} N^{20} O^{31} S^2 P^2$.

Berzelius hat aber diese Berechnungen nur als mögliche Ausdrücke für die Analysen von *Couërbe* gegeben [1]).

Nach diesen Analysen von *Couërbe* kommen verschiedene Phosphormengen in diesen Fetten vor; mehr bei rasenden Wahnsinnigen, weniger bei Stumpfsinnigen.

[1]) Thierchemie.

Auch *Vauquelin* hat freien Phosphor im Gehirn gefunden, und im Albumin, wenn dieses mit Aether ausgezogen war, keine Spur desselben, so dass dieser Phosphor also in den Fetten enthalten sein muss.

Nach *Frémy* [1]) findet man die von *Couërbe* angegebenen Fette nicht im Gehirn, sondern mit Ausnahme des Cholesterins sollen es zwei Natronseifen sein, von denen die eine fest, die andere flüssig ist. Die in denselben enthaltenen Fettsäuren enthalten nach ihm Phosphor, aber keinen Schwefel. Dass es Seifen sind, hat *Simon* bestätigt; sie geben nämlich in ihren alkoholischen Auflösungen mit Metallsalzen Praecipitate [2]). *Frémy* nennt die beiden Fettsäuren Cerebrinsäure und Phosphor-Elainsäure; aus letzterer lässt sich durch Säuren Elain ausscheiden, erstere enthält 0,9% Phosphorsäure.

Die Bestandtheile der Nervensubstanz sind denen der weissen Hirnsubstanz gleich. *Vauquelin*, der sie untersucht hat, giebt an, dass sie mehr Eiweiss, weniger feste, dagegen mehr tropfbar flüssige Fette enthalten.

Die Ganglien werden durch Kochen in Wasser sehr hart, und werden insofern mit der grauen Hirnsubstanz chemisch übereinstimmen, als sie Ganglienkugeln enthalten.

[1]) Comptes rendus, Tom. 9, p. 703. Ann. der Ch. und Pharm. 1841, Bd. 40, S. 69.

[2]) Med. Anal. Chemie, S. 293.

VIII.

Aufnahme von Nahrung durch die Pflanzen. Nahrungsmittel der Pflanzen.

Es ist bekannt, dass die Thiere ausser Wasser und Luft durch eigene Organe Substanzen von aussen aufnehmen, welche zur Erhaltung des Lebens dienen, und dass diese Substanzen bei vielen Thieren sehr mannigfaltig und verschieden und alle einzeln genommen sehr zusammengesetzt sind. Dies verhält sich ganz anders bei den Pflanzen. Ihre Existenz ist durch einfache Nahrung bedingt; es herrscht Einfachheit in der Zahl sowohl, wie in der Zusammensetzung der Substanzen, welche sie aufnehmen. Sie bestehen aus Wasser, atmosphärischer Luft, Kohlensäure, Ammoniak und den im Boden vorhandenen und aus diesem durch Wasser aufgelösten Substanzen, nämlich den ulminsauren, huminsauren, geinsauren, quellsauren und quellsatzsauren Salzen von Kalk, Bittererde, Kali, Natron, Ammoniak, Eisenoxyd und Salzen dieser Basen mit anorganischen Säuren, deren Bestandtheile in der Asche der Pflanzen gefunden werden, z. B. aus kieselsaurem Kali und Natron, schwefelsauren, salzsauren, phosphorsauren und anderen Salzen der genannten Basen.

Aus diesen wenigen Stoffen müssen die Vegetabilien die Legion von Substanzen bereiten, welche die Kunst aus ihnen darzustellen weiss.

Es müssen hier zwei Punkte unterschieden werden, damit man sich von dieser schönen Einrichtung in der Natur einigermaassen eine Vorstellung machen könne. Die genannten Substanzen müssen nämlich von den Pflanzen aufgenommen wer-

den, und wenn sie einmal aufgenommen sind, zum Theil in den Pflanzen selbst verarbeitet werden.

Es könnten alle Pflanzen durch dieselben Organe Substanzen von aussen aufnehmen, wenn alle Pflanzen nur auf dieselbe Weise mit Wurzeln und Blättern versehen wären. Da dies aber nicht der Fall ist, so ergiebt sich schon hieraus eine bedeutende Verschiedenheit in der Art und Weise, in welcher diese Aufnahme von Nahrungsmitteln geschieht. Man findet sogar in den verschieden organisirten Pflanzen sehr verschiedenartige Organe, durch welche diese Aufnahme von Nahrungsmitteln zu Stande kommt.

Was den zweiten Punkt, die Verarbeitung derselben Nahrungsmittel betrifft, so ist es natürlich, dass, je nach der Verschiedenheit des Baues, auch die Produkte verschieden sein müssen, und umgekehrt, dass, je nachdem die Produkte verschieden sind, auch der Bau der Pflanzen verschieden sein muss; dass also, je nachdem verschiedene chemische Substanzen bei den Analysen aus den Pflanzen erhalten werden, auch wirklich eine Verschiedenheit im Baue der Pflanzen bestehen muss. Eine Pflanze, welche Pflanzenalkaloide enthält (Cinchonaarten) muss ja die erforderlichen Theile enthalten, damit die aufgenommenen Nahrungsmittel in der Art modificirt werden, dass Pflanzenalkaloide aus denselben entstehen; eine andere, die reich an Säuren ist, muss dazu eigene Bestandtheile haben (Rumexarten). Unübersehlich ist das Feld, welches die Phytotomie und Phytochemie in dieser Hinsicht noch zu bearbeiten haben: es ist hiervon noch fast nichts bekannt.

Aus einer Verschiedenheit der Substanzen, die von aussen aufgenommen werden, lässt sich jene grosse Verschiedenheit von Körpern, die im Pflanzenreiche vorkommen, nicht erklären. Wir wissen zwar, dass viele Pflanzen einen eigenthümlichen Boden erfordern, um üppig zu wachsen; allein diese Eigenschaft hängt mehr von der anorganischen, als von der organischen Verschiedenheit der Bestandtheile des Bodens ab, und wo letztere besteht, lässt sich doch gar keine Beziehung nachweisen

zwischen der Zusammensetzung der organischen Bestandtheile des Bodens und jenen in den Pflanzen erzeugten Körpern. Die Flechten z. B., stickstoffarme Pflanzen verlangen einen unfruchtbaren Boden, einige leben auf Glasplatten, während die Salixarten feuchten Boden erheischen; bei keiner dieser Pflanzenarten lässt sich irgend ein Zusammenhang nachweisen zwischen den zusammensetzenden Bestandtheilen derselben und den in ihrer Unterlage erforderlichen organischen Substanzen.

Es spricht sich dies gleich beim ersten Blicke, den man auf die Natur wirft, aufs deutlichste aus. In einem botanischen Garten, in welchem die ungleichartigsten Pflanzen neben und bei einander gedeihen, wird der Boden keineswegs für jede Pflanzenart oder jede Pflanzenfamilie auf eine besondere Weise zugerichtet, und in der ungekünstelten Natur sieht man die Antiaris toxicaria, eine der giftigsten aller Pflanzen, den Baum des javanischen Upasgiftes, umgeben von Kaffeebäumen, die gleich üppig wachsen, wie der gefürchtete Upasbaum, der seine Gipfel weit über jene erhebt (*Blume* in Rumphia). Dass es hiervon einzelne Ausnahmen giebt, dass die in Schottland essbare Cicuta in feuchtem Boden giftig wird, ist den Botanikern bekannt.

Die Hauptsache liegt also in dem verschiedenen Bau der Pflanzen, wodurch aus gleicher oder nur wenig verschiedener organischer und anorganischer Nahrung die mannigfaltigsten Substanzen bereitet werden können.

Es verdient eine nähere Betrachtung, wie die Pflanzen von aussen Stoffe aufnehmen können, welche die Ursachen sind, die dazu mitwirken, und durch welche Organe diese Aufnahme geschieht.

Aus dem oben Mitgetheilten ging hervor, dass gasförmige und tropfbar flüssige Substanzen durch die Pflanzen aufgenommen werden; erstere stehen nicht alle in unmittelbarem Zusammenhang mit der eigentlichen Ernährung der Pflanzen. Der Sauerstoff der Luft oxydirt zwar viele Substanzen, die Gerbsäure wird durch denselben oft in Apothema oder in Gallussäure ver-

wandelt, viele aetherische Oele werden in Säuren oder Harze umgesetzt; aber diese entfernten Wirkungen gehören nicht in den Kreis der Ernährung der Pflanzen, wenn sie auch eine wichtige Stelle einnehmen in der Reihe der wirkenden Ursachen, durch welche eigenthümliche Pflanzenstoffe zum Vorschein kommen. Aber die von den Blättern aufgenommene Kohlensäure verdient hier eine erste Stelle. Sie tritt als Gas, oder für die Wasserpflanzen in Wasser aufgelöst, in diese Organe ein, und bietet, in den Pflanzensäften gelöst und aufgenommen in den Kreis der in denselben vorgehenden chemischen Wirkung, den Pflanzen einen wichtigen Theil ihrer Nahrungsmittel.

Was durch die Wurzeln aufgenommen wird, wird denselben in flüssigem Zustande angeboten, möge diese Flüssigkeit nun in Wasser gelöste Kohlensäure, oder eine Auflösung organischer Salze, oder aber eine Auflösung anorganischer Salze sein.

Um in dieser Betrachtung etwas genauer zu verfahren, müssen wir die Pflanzentheile berücksichtigen, welche im Boden verborgen sind, und nachforschen, auf welche Weise diese dem Boden Nahrung entziehen können. Sodann verdienen diejenigen, welche der Atmosphäre ausgesetzt sind, unsere Aufmerksamkeit. Die Nahrung gelangt ja auf zwei Wegen in die Pflanze: als Nahrungssaft durch die Wurzeln, als Gas durch die Blätter. Aus diesen beiden Gesichtspunkten wollen wir daher auch die Ernährung der Pflanzen betrachten.

Die Wurzel.

Die Wurzel, oder der Theil der Pflanze, der sich in der Regel nach unten in den Boden (oder in das Wasser, auch in die Luft) erstreckt, hat bei vielen Pflanzen einen eigenthümlichen Charakter, wodurch die von aussen aufgenommenen Substanzen eine Menge Veränderungen erleiden müssen. Sehr oft nämlich sind es grosse Massen, z. B. die zwiebel- oder knollenförmigen, in welchen die aus dem Boden aufgesogenen Substanzen eine grosse Menge von Zellen, von denen jede mit ihren eige-

nen Substanzen gefüllt ist, durchsetzen müssen, bevor sie in den Stengel gelangen können.

Von einer bestimmten Structurverschiedenheit oder irgend einer anderen Eigenthümlichkeit der Wurzel hängt aber bei allen Pflanzen keineswegs eine grosse Verarbeitung der dem Boden entnommenen Stoffe ab. Zunächst zeigen ja die Wurzeln nichts Eigenthümliches, sondern es sind walzenförmige, dem Stengel ähnliche Theile der Pflanze; zweitens lassen sich manche Pflanzen umkehren, und während die der Atmosphäre ausgesetzten Wurzeln Aeste bilden und Blätter bekommen, werden die Aeste hingegen zu Wurzeln, deren Dienste sie erfüllen.

An eine wesentliche Verschiedenheit der Einflüsse der Zellenwände oder des Zelleninhalts der Wurzeln auf die dem Boden entnommenen Substanzen kann man also nur dann denken, wenn die Wurzeln eine ganz eigenthümliche Structur zeigen. Die Verschiedenheit zwischen der Wurzel und dem Stengel wird bedingt durch die Verschiedenheit der Umstände, unter welchen beide sich befinden; jene in einem feuchten Boden und im Finsteren in Berührung mit organischen Substanzen, die im Zustande der Umsetzung verkehren; die anderen in der Atmosphäre erhaben und, so weit die Oberfläche reicht, der Luft, dem Lichte und der Wärme ausgesetzt.

Die Wurzeln, sie mögen nun beschaffen sein, wie sie wollen, gehen in der Regel in Fibrillen oder Wurzelfasern über. Häufig theilen sich die Wurzeln immer mehr, so dass sie zuletzt in Wurzelzasern übergehen; bisweilen sind die dünneren Würzelchen mit solchen Wurzelzasern wie mit Haaren besetzt. Diese wechseln, fallen ab und erneuern sich an den jungen Würzelchen, in welchen kleinen Organen die grösste Thätigkeit der Wurzeln stattfindet. Man hat irriger Weise ihre Enden mit Schwämmchen verglichen. Diese Enden sind im Gegentheil nicht verschieden von ihren seitlichen Flächen, und, ebenso wie die ganzen Wurzelfasern, mit einer Oberhaut bedeckt, in welcher die Spaltöffnungen, die man in den Blättern findet, durchaus fehlen. Häufig aber findet sich in der Epidermis der Wurzelfa-

sern die Eigenthümlichkeit, dass sich die äussersten Zellen über die Oberfläche hinaus verlängern und also eine grössere Oberfläche zur Aufnahme von Flüssigkeit darbieten.

Dass nicht bloss die Enden der Wurzelfasern, sondern auch ihre seitlichen Wände dem Boden Substanzen entnehmen, ist durch Versuche von *Ohlert* erwiesen [1]. Pisum sativum, Lupinus luteus, Calendula officinalis wurden mit ihren Wurzelenden drei Linien tief in Wasser gestellt. Der Theil der Wurzeln, welcher in Wasser gestellt war, behielt allein seine Form, die Wurzeln vertrockneten übrigens gänzlich. Bei einer Menge von Pflanzen, die so in Wasser gestellt waren, dass die Wurzeln gänzlich unter Wasser getaucht waren, die Enden aber aus demselben hervorragten, wuchsen die Wurzeln gut fort; auch dann noch, wenn die Enden der Wurzeln mit Lackfirniss bedeckt waren und nun die Wurzeln in Wasser gestellt wurden. Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass die seitlichen Wände der Wurzelenden wirklich ebenfalls Flüssigkeit aufsaugen und dadurch den Pflanzen Nahrungsstoffe geboten werden.

Was die übrigen Theile der Wurzel betrifft, Zellen und Zellenwände, Gefässe u. s. w., so sind diese — wenn man das Mark ausnimmt, das in der Regel in der Wurzel fehlt — ebenso wie in den Theilen der Pflanze, die der Luft ausgesetzt sind, zugegen; sie sind meistens sogar einfacher gebaut, als in dem Stamme. Die Gefässbündel sind in der Regel punktirte Spiralgefässe und lang gedehnte, dünnwandige Zellen, und sie liegen in Bündeln beisammen, nicht zerstreut. Und alles, was uns, aus einem chemischen Gesichtspunkt betrachtet, etwa vom Stengel bekannt sein mag, was wir von inneren Ursachen des Stoffwechsels in den Theilen der Pflanzen, die über dem Boden liegen, für wahr halten, findet auch Anwendung auf die Theile, welche die Wurzel zusammensetzen; sie sind durch keine Eigenthümlichkeiten charakterisirt, und im Allgemeinen darf man festsetzen, dass die über dem Boden liegenden Elementartheile der Pflanzen den-

[1]) Linnaea, 1837, S. 609.

selben Einfluss auf die dem Boden entnommenen Substanzen ausüben, wie die Elementartheile der Wurzel selbst.

Daher findet man auch die allgemeinen Bestandtheile der Pflanzen in grosser Menge in den Wurzeln. Wie gross ist nicht die Zahl der stärkmehl-, dextrin- und zuckerhaltigen Wurzeln, wie gross die Anzahl derer, die aetherische Oele und andere abgeleitete Substanzen enthalten. Indem sie von Nahrungssaft strotzen, erlangen sie oft eine sehr reichliche Entwicklung und eine Grösse, die durch diese Entwicklung direkt bedingt wird.

Kurz, die wässerige Auflösung der im Boden vorhandenen Substanzen, welche durch die Wurzeln aufgenommen werden, muss durch die Zellenwand der Oberhautzellen hindurchdringen und von hier aus von Zelle zu Zelle fortbewegt werden, um auf diese Weise hier eine chemische Umwandlung zu erleiden, die rücksichtlich der inneren, von der Pflanze selbst herrührenden Ursachen der in dem Stengel stattfindenden ähnlich ist.

Ich glaube aber auf einige bekannte Unterschiede zwischen der Wurzel und dem Stengel aufmerksam machen zu müssen, die möglicher — allein nicht wahrscheinlicher — Weise mit Verrichtungen der Elementarorgane in Zusammenhang stehen, die auf Stoffwechsel hinauslaufen, nämlich auf diese, dass die Wurzeln niemals so in die Länge wachsen, wie der Stengel, so dass zwei bezeichnete Stellen an wachsenden Wurzeln nach einiger Zeit in gleicher Entfernung geblieben sind, während sie ausserdem, ausser den sogenannten accessorischen Knospen, niemals Knospen bekommen, wie die Stengel, und sich also auch nicht verlängern.

Die Verschiedenheit endlich, welche bei einigen Pflanzen zwischen den Wurzeln und den Stengeln besteht, bei den Wurzeln von Daucus carota, bei Knollen und dergleichen, ist zweifelsohne eine Folge der Abwesenheit der atmosphärischen Einflüsse und der Gegenwart von Einflüssen der Feuchtigkeit und anderer Eigenschaften des Bodens für die Wurzeln.

Aufsteigung des Saftes in der Wurzel.

Die Wurzeln der Pflanzen nehmen die in flüssiger Form im Boden vorhandenen Substanzen endosmotisch auf, d. h. die Zellen der Wurzelfasern sind mit einer Flüssigkeit gefüllt und werden von einer im Humus vorhandenen Flüssigkeit umgeben; letztere ist weniger gesättigt als erstere, und dringt also durch die Zellwand der Oberhautzellen der Zasern, um die erstere zu verdünnen, vorzüglich aber durch die sehr jugendlichen Zellen, die entweder noch keine Oberhaut oder nur eine sehr dünne besitzen, und bei den stets durch Apposition wachsenden Wurzeln immer am Ende gebildet werden; von diesen Zellen aus tritt der Saft in andere, durch dieselbe Ursache, und so fort durch die ganze Pflanze. Fangen wir bei den Blättern an. An ihrer Oberfläche verdunstet Wasser; der Inhalt der Zellen der Blätter wird dadurch zu einer concentrirten Flüssigkeit, die endosmotisch durch eine weniger concentrirte verdünnt werden wird, wenn sich eine solche in der Nähe findet. Diese weniger concentrirte Flüssigkeit ist in den angrenzenden Zellenreihen enthalten; wenn man hinabsteigt, findet man immer dünnere Flüssigkeiten in den Zellenreihen, so dass die am wenigsten concentrirte Flüssigkeit der Pflanze in den Zellen der Wurzelfasern enthalten ist und eine noch dünnere in der Erde vorkommen muss, wenn der Saft aus dem Boden in die Wurzeln eintreten und von dorther in der Pflanze aufsteigen soll.

Die Aufnahme von Säften aus dem Boden durch die Wurzel und die Aufsteigung derselben in der Pflanze hängen also innig zusammen, sind von einer gemeinschaftlichen Ursache abzuleiten.

Hieraus geht also hervor: einmal, dass das Wachsthum, das Aufsteigen und die Aufnahme der Nahrungssäfte aus dem Boden von der Verdunstung abhängt; sodann, dass nur sehr verdünnte Auflösungen von den Pflanzen aufgenommen werden

können. Fein vertheilte Stoffe, selbst solche, welche Flüssigkeiten färben, werden in der Regel durch die Zellenwand der Wurzelfasern nicht hindurchgelassen. Die Substanz muss also vollkommen aufgelöst sein, wenn sie aus der Erde in die Pflanze soll eindringen können. Wenn sie aber vollkommen aufgelöst ist, dann wählt die Pflanze auch nicht, sie schliesst nichts aus, sondern sie nimmt alles nach den Regeln der Endosmose auf, wenn es nur nicht einen solchen Einfluss auf die Zellenwände der Wurzelfasern ausübt, dass sie dadurch gelähmt werden (vgl. Gifte der Pflanzen).

Dass die Pflanzen aber aus gemischten Salzlösungen einige in grösserer Menge absorbiren, als gewisse andere, ist bekannt. Diese Thatsache verdient Beachtung, und man hat sie sich immer so gedacht, als wenn die Pflanzen wählten, als wenn die Bestandtheile von ihnen aufgenommen würden, die zu ihrer Ernährung beitragen könnten, ausgeschlossen dagegen die, welche ihrem Organismus schädlich wären. Es verdient keine Widerlegung, wenn man die Pflanzen zu wählenden Wesen erhebt. Wenn in den Eingeweiden eines Thiers gewisse Substanzen aufgenommen und andere ausgeschlossen werden, so ist dies eine einfache Folge derselben Ursache, die bei den Pflanzen thätig ist, und durch welche es bedingt wird, dass gewisse Substanzen leichter endosmotisch durch die Membranen dringen, durch welche scheinbar jene Wahl geschieht, als andere. Ganz ebenso verhält es sich in den Pflanzen. Die Wurzelfasern verschiedener Pflanzen haben ein verschiedenes endosmotisches Vermögen; deshalb nehmen nicht alle Pflanzen dieselben Substanzen auf, so wenig wie von allen dieselben Substanzen ausgeschlossen bleiben. Zweitens aber ist die Endosmose bei denselben Wurzelfasern für verschiedene Substanzen verschieden, wie dies bei jeder Membran der Fall ist, mit welcher man endosmotische Versuche anstellt.

Dass also allerdings ein Molecularzusammenhang zwischen den Membranen, die durchlassen oder ausschliessen, und den Substanzen, die durchgelassen oder ausgeschlossen werden,

stattfindet, ist eben so wahr, wie der Begriff falsch ist, dass Pflanzenwurzeln oder Thierdärme befähigt sein sollten, zu wählen.

In den Pflanzen giebt es aber eine eigenthümliche Art der Aufsteigung der Säfte, welche bei den Thieren nicht zu bestehen scheint, und grade diese hat zu unrichtigen Vorstellungen geführt. Wenn einem Thiere giftige Substanzen dargereicht werden, so wird davon in den Därmen nur wenig absorbirt, und in der Regel um so weniger, je giftiger die Substanz ist. Bei den Pflanzen verhält sich dies anders. Es kann häufig eine reichliche Menge ganz heterogener, sogar giftiger Substanzen von den Pflanzen aufgenommen werden. Man konnte dies mit der oben genannten Wahl nicht in Einklang bringen, und glaubte also, dass das kleine absorbirende Organ der Wurzeln durch das Gift vernichtet, und darauf die Säfte durch offene Röhrchen capillair aufgenommen und durch die Pflanze weiter geführt würden.

Vogel [1]) hat dies zu widerlegen gesucht, indem er zeigte, dass die Pflanzen im natürlichen Zustande wirklich Gifte aufnehmen können, ohne dass irgendwie die Wurzeln verletzt seien. Er sah nämlich, dass Kupferoxydsalze von ihnen aufgenommen wurden, die sich dabei in Kupferoxydulsalze verwandelten; weiter Chlormagnesium, schwefelsaure Magnesia, salpetersaures Kali, Jodkalium, schwefelsaures Zink, salpetersaurer Nickel, salpetersaurer Kobalt, essigsaures Blei, schwefelsaures Manganoxydul, sauer chromsaures Kali. Quecksilber- und Silbersalze werden aufgenommen und reducirt; Sublimat wurde entweder nicht verändert oder zu Calomel reducirt. — Alle diese Salze tödteten die Pflanzen. Mit diesen Versuchen lassen sich sehr viele andere in Zusammenhang bringen, die alle ähnliche Resultate gegeben haben.

Man kann hieraus nur schliessen, dass unter gewissen Umständen giftige Substanzen sowohl, wie gewöhnliche, nicht giftige, von Pflanzen aufgenommen werden, ein Schluss, der

[1]) *Erdmann*'s und *Marchand*'s Journ. Bd. 25, S. 209.

schon längst aus bekannten Thatsachen gefolgert werden konnte [1]).

Es ging namentlich aus *Goeppert*'schen Versuchen hervor [2]), dass viele Substanzen auf die Pflanzen eine schädliche Wirkung ausüben, eine derartige Wirkung, dass man sie grade wie bei den Thieren giftig nennen muss. Wir lernen daraus, dass die Wirkung von Giften auf Pflanzen und Thiere wie eine gewöhn-

[1]) *Trinchinetti* hat Versuche mitgetheilt (Bibl. univers., Nov. 1843, p. 346) über die Fähigkeit unverletzter Wurzelzasern, Salze zu absorbiren; er sah, dass die Pflanzen die folgenden Salzlösungen immer aufnahmen: Cyankalium, Salpeter, Chlornatrium, schwefelsaures Kupfer, essigsaures Blei, Chlorbarium, Jodkalium, schwefelsaures Kali, schwefelsaures Zink, schwefelsaure Magnesia, Alaun, salpetersaurer Kalk, Chlorammonium; Spuren von Kalkwasser und arsenichte Säure; wenig von Jodkalium; nichts von Sublimat und salpetersaurem Silber. Aus Gemengen zweier Salze nehmen sie nicht dieselben Quantitäten auf, z. B. von Kochsalz und Salpeter. Stärkmehl, Zucker und ein Aufguss von Quassia amara wurden nicht aufgenommen; von Farbstoffen gar nichts. Huminsaures Kali wurde aufgenommen, aber in der Wurzel zersetzt; er fand es in der Pflanze nicht zurück.

Rücksichtlich *Trinchinetti*'s Beobachtung, dass verschiedene Quantitäten zweier gut löslicher Salze aus einem Gemenge von den Pflanzen aufgenommen werden — eine Thatsache, die auch schon früher mehrfach erwähnt wurde, — ist zu bemerken, dass die entfernten Theile der Pflanzen daran keinen unmittelbaren, wohl aber einen mittelbaren Antheil haben, und dass man also der Pflanze als Individuum keine Wahl zuschreiben kann. Diese Verschiedenheit hängt zunächst ab von dem Baue der Zellenwand der Wurzelfasern, und zwar davon, ob diese die eine oder die andere Lösung leichter oder schwerer durchlässt, sodann von der Bildung einiger Bestandtheile in der Pflanze. Z. B. in der Frucht der Cerealien wird viel phosphorsaurer Kalk abgelagert; das mit den Pflanzensäften herbeigeführte Phosphorsalz wird mit dem Eiweiss aus denselben ausgeschieden, der Saft wird also arm an demselben, und somit nach der Lehre der Endosmose das Phosphorsalz aus dem Boden angefüllt, weil der Saft von demselben befreit wurde. In so fern hängt die Bildung neuer Körper mit jener sogenannten Wahl der Pflanzen zusammen. Wenn man von schwefelsaurem Natron und Salpeter, die beide endosmotisch durch eine Blase treten, eins von beiden sogleich nach dem Durchtritt aus der Lösung entfernte, so würde dieses dadurch in grösserer Menge von der Blase durchgelassen werden.

[2]) Verh. zur Beförderung des Gartenbaus in Preussen, Bd. 6. Hierbei können weiter *Bouchardat*'s Versuche zu Rathe gezogen werden; Comptes rendus, 1843, p. 112.

liche Wirkung der Materie auf Materie betrachtet werden muss, so aber, dass die Wirkungen auf den Organismus je nach dem Bau und den Bestandtheilen dieses verschieden sind, und also gänzlich verschieden für verschiedene organische Körper. Diese Verschiedenheit beobachtet man schon bei verschiedenen Individuen derselben Art, so dass sie von demselben Gifte eine sehr verschiedene Wirkung erfahren; diese Unterschiede sind grösser bei verschiedenen Arten, Gattungen oder Familien, am grössten in verschiedenen Naturreichen.

Dass die Pflanzen durch dieselben Substanzen vergiftet werden können, welche Thieren schädlich sind, lehrt uns keineswegs, dass ein gewisses Princip, das man Lebensprincip nennt, angegriffen werden sollte, sondern nur, dass der Zustand der Substanz, aus welcher die Pflanze besteht, durch die giftige Substanz verändert wird. Nehmen wir als Beispiel ein Bleisalz, das von einer Pflanze aufgenommen wird. Dieses Bleisalz kann in keine Zelle eindringen, ohne das Eiweiss zu coaguliren; dieses wird der Umsetzung der Bestandtheile entzogen, und überall wo dies geschieht, muss alle Thätigkeit in den Zellen aufhören. Die Säfte können nicht aus der Wurzel hinaufsteigen, und damit wird der Stoffwechsel in den meisten Theilen der Pflanzen bedroht; mit anderen Worten, die Pflanze ist krank geworden, und sie stirbt, wenn diese Ursache nicht hinweggenommen werden kann.

Andere Substanzen mögen auf die Pflanzentheile wieder in anderer Weise schädlich einwirken, als das Bleisalz; es wird immer nur der Stoffwechsel modificirt und keineswegs das sogenannte Lebensprincip angegriffen, obgleich man auch hier mit Unrecht Letzteres als eine Scheinerklärung vorgebracht hat. Sogar wenn Narcotica die Empfindlichkeit von Mimosa pudica vernichten, findet noch keine andere Erklärung Anwendung.

Die Beobachtung der Pflanzenvergiftungen lehrt uns weiter, dass bei den Thieren die Nerven an dem Einflusse des Giftes auf den Organismus nur den Antheil nehmen, dass sie die Einwirkung desselben fortpflanzen. Von einer Nervenwirkung

kann man bei der Betrachtung der Einwirkungen giftiger Substanzen auf Thiere nicht ausgehen; denn den Pflanzen fehlen die Nerven, und dennoch werden sie vergiftet.

Es ist schwieriger, die giftigen Eigenschaften der Gifte für Pflanzen zu verfolgen und ihr Maass zu bestimmen, als für Thiere. Die Pflanzen sterben nicht plötzlich, sondern allmälig; man kann bei den Pflanzen schwer bestimmen, wann das Sterben anfängt oder beendigt ist. Wenn sie also durch Gifte sterben, so hat man viele Schwierigkeiten, um die giftigen Eigenschaften der Substanzen für dieselbe Pflanzenart oder dieselbe Pflanzengattung unter einander zu vergleichen.

Miquel [1]) hat abgeschnittene Pflanzen zu gleicher Zeit in reines Wasser getaucht, und in Auflösungen von Ammoniak, essigsaurem Blei, Eisencyankalium, Kampher, Aq. lauroceras., Extr. opii aquos., Extr. hyoscyami, und fand diese für viele Pflanzen giftig. Opium, Hyoscyamus, Aq. lauroceras. und Gifte, von denen es heisst, dass sie auf das Nervensystem der Thiere wirken, tödten die Pflanzen eben so gut wie das essigsaure Blei, dem man eine chemische Wirkung auf die Thiere zuschreibt, nämlich die, dass es mit den Substanzen des thierischen Körpers unlösliche Verbindungen eingeht. Eine Hyoscyamus-Art starb eher in Extr. opii als in Extr. hyoscyami. *Schübler* und *Zeller* fanden narcotische Extracte für die Pflanzen selbst tödtlich, wenn sie in Einschnitte derselben gebracht wurden.

Die ersten Erscheinungen der Pflanzenvergiftung sind die Abnahme der absorbirenden Thätigkeit der Pflanzen gegen Flüssigkeiten, die matsche Beschaffenheit des Stengels, der Blätter und der Aeste, die Entfärbung der grünen und anderer gefärbter Theile, und der darauf folgende Eintritt bestimmter Todeszeichen, d. h. eine Störung in der Harmonie der verschiedenen Organe, die auf gänzliche Vernichtung jener Harmonie hinausläuft, auf die Vernichtung aller normaler Functionen [2]).

[1]) Bulletin 1838, p. 137 und 160.

[2]) Ueber die Aufnahme von Metallgiften durch die Pflanzen, wenn sie in gewöhnlicher Ackerererde stehen, s. *Verver* in: Dissert. qua inquiritur,

Eine Ausscheidung von Salzen, die in der Pflanze nicht nöthig sind, ist durch keinen Versuch bestätigt; — der von *Princep* mit essigsaurem Blei genommene beruhte nur auf Exosmose [1]. — Ich würde dieselbe stillschweigend übergehen, wenn es mir nicht schiene, als wenn aus den bekannten Erscheinungen der Endosmose hervorginge, dass kein Eintritt fester Substanzen in die Pflanzenwurzeln stattfinden kann, wenn diese nicht gegen austretende eingetauscht werden. Man kann keine einzige Erscheinung der Endosmose anführen, bei der nicht am Ende gleichmässige Dichtigkeit der austauschenden Flüssigkeiten entsteht, bei der nicht immer ein Austausch nach zwei entgegengesetzten Richtungen stattfindet. Mir scheint, dass die Wurzelfasern, wenn sie durch Endosmose dem Boden Flüssigkeit entnehmen, auch Bestandtheile an diesen Boden austauschen müssen. Ohne dass es also den Sinn einer Ausscheidung hätte, könnten die Wurzeln der Pflanzen dem Boden wirklich auf diese Weise Stoffe mittheilen. Das Heruntersteigen von Pflanzensubstanzen aus den Blättern in den Stamm und von hier in die Wurzel, das gegenwärtig doch nicht mehr geläugnet werden kann, hat diesem Punkte eines endosmotischen Austausches der Bestandtheile der Pflanzen unter einander und also auch der Bestandtheile der Pflanze mit denen des Humus neue Wichtigkeit ertheilt. Wenn aber ein solcher Austausch stattfindet, so kann er immerhin nur sehr gering sein, weil der Saft der äussersten Fasern nur sehr wenig feste Substanzen enthält [2].

num publicae sanitati nocere possint venena metallica, quibus conserantur agri ad occidenda animalia nociva, Gron. 1841. Aus den von *Verver* angestellten Versuchen hat sich ergeben, dass kleine Quantitäten der Metallgifte in der Ackererde zurückgehalten werden und nicht in die Pflanzen eindringen, mit Ausnahme der Kupfer- und Eisensalze.

[1]) *Braconnot* hat der von *Brugmans* und später von *De Candolle* ausgesprochenen Ansicht, welche von *Macaire Princep* bestätigt worden war, nämlich, dass die Pflanzen durch ihre Wurzeln Stoffe ausscheiden, auf experimentellem Wege widersprochen. (Ann. de Chimie et de Physique, Tom. 62, p. 83). Nach ihm bestehen diese schädlichen Ausscheidungen der Pflanzen nicht, und *Princep* scheint sich geirrt zu haben.

[2]) *Rainey* hat beobachtet (l'Institut 1844, N. 551), dass eine Menge

Anorganische Nahrung der Pflanzen.

Zu den Nahrungsmitteln, welche für die Pflanzen unentbehrlich sind, gehören in der That mit gleichem Rechte die sogenannten anorganischen Bestandtheile des Bodens, wie die organischen nebst Kohlensäure, Wasser und Ammoniak.

Die anorganischen Substanzen rühren keineswegs vom Regenwasser her, das so wenig feste Substanz, und namentlich so wenig von der in den Pflanzen vorkommenden enthält, sondern ursprünglich von den verwitterten Felsen, welche die pulverförmige Ackererde dargestellt haben, und sie werden vom Regenwasser aufgelöst. In dem gewöhnlichen Flusswasser trifft man schon einige derselben, aber mehr in dem, welches durch Erdschichten geströmt hat, und Brunnen - oder Quellwasser genannt wird. *Plinius* sagt schon ganz richtig: Tales sunt aquae, qualis terra, per quam fluunt.

Von diesem Wasser, welches alle verwitterte Felsen, also jede Art von Ackererde in vielfachen Richtungen durchkreuzt, wird den Pflanzen durch ihre Wurzel geboten.

Gewöhnlich aber steht dieses Wasser tiefer unter der Erdoberfläche in Gleichgewicht, als dass es in Masse für die Wurzeln der Krautpflanzen erreichbar sein sollte. Der Wasserspiegel des Wassers der Boden, liegt an vielen Stellen sehr tief, an den meisten wenigstens einige Fuss unterhalb der Oberfläche. Diese Pflanzen scheinen also vorzüglich von Regenwasser zu leben, das die obersten Erdschichten tränkt.

Wenn sich dieses so verhielte, würde es übel mit dem Pflanzenreiche bestellt sein. Das Regenwasser, das auf die Oberfläche der Erde herunterfällt und in dieselbe eindringt,

von Pflanzen viel mehr Wasser aufnehmen, wenn man sie in reines Wasser, als wenn man sie in verdünnte Auflösungen verschiedener Substanzen bringt. In diesem letzteren Falle hat der zurückbleibende nicht absorbirte Theil dasselbe specifische Gewicht, das die ganze Quantität vor dem Versuch hatte.

wäscht die obersten Schichten aus, nimmt aus diesen eine reichliche Menge der löslichen Salze mit in die Tiefe, und wenn dieser Ursache also nicht eine andere gegenüber stände, so würden die Pflanzen, deren Wurzeln nicht tief gehen, keine anorganische Bestandtheile erhalten können, die für ihre Ernährung und ihre Existenz so unentbehrlich sind.

Dies hat die Natur auf die folgende Weise verhütet. In einer gewissen Tiefe findet man in der Ackererde stets Kanäle von Brunnen- und Quellwasser, ein solches Wasser, das viele für die Pflanze nothwendige Salze enthält, Wasser, in welchem auch die durch das Regenwasser aus den obersten Schichten ausgewaschenen Salze enthalten sind.

Bei trockner Witterung verdunstet fast reines Wasser an der Erdoberfläche. Durch Capillarität wird von unterliegenden Schichten den ausgetrockneten obersten wieder mit Salzen geschwängertes Wasser mitgetheilt. Das reine Wasser dieser verdünnten Auflösung verdunstet aufs Neue und wird aufs Neue ersetzt. Bei dieser Verdunstung des reinen Wassers nun bleiben von dem capillair aufgesogenen Wasser die Salze in den obersten Erdschichten zurück, und es werden diese den Pflanzen reichlich dargeboten, selbst für den Fall, dass das unter dem Boden befindliche Wasser nur wenig Salze aufgelöst hat.

Auf diese Weise wird durch capillaire Erhebung und Verdunstung wieder ersetzt, was den obersten Erdschichten durch Regen an Salzen entzogen und ausgewaschen war.

Indem nun die Pflanzen auf diese Weise Kalk-, Magnesia-, Kali-, Natronsalze von Chlor, Schwefelsäure, Kohlensäure, auch kieselsaures Kali erhalten, sind dies noch nicht alle Salze, welche in den Pflanzen gefunden werden. In Roggen, in sehr vielen anderen Pflanzen kommt eine sehr grosse Menge phosphorsaurer Salze vor. Im Wasser finden sich diese nicht, und der Roggen muss diese unentbehrlichen Bestandtheile also im Boden finden, wenn er üppig gedeihen soll. Wirklich ist der phosphorsaure Kalk ein Bestandtheil vieler guter Lehmboden, und wenn er fehlt, so wird er mit Nutzen, wie ein wahrer Dünger, dem

Boden zugeführt. Vom Gehalte des Bodens an phosphorsauren Salzen hängt natürlich die Fruchtbarkeit jener Aecker ab für den Anbau der Pflanzen, welche viel phosphorsaure Salze enthalten und ohne diese nicht leben können [1]).

Es müssen nicht bloss die Salze, die als anorganische Bestandtheile in die Pflanzen eingehen, ihren Wurzeln dargeboten werden: fast alle Pflanzen enthalten Basen mit den indifferenten Pflanzenstoffen verbunden; Gummi enthält immer Kalk; Pflanzenschleim ebenfalls; aber ausserdem enthalten sehr viele Pflanzen organische Säuren, die der Basen bedürfen, um in der Pflanze zu bestehen. Man findet ja nur selten freie Säuren in den Pflanzen, wenn man darunter nicht die Hälfte der Kleesäure und der Weinsäure versteht, die, nur an Wasser gebunden, im Sauerkleesalz (kleesaures Kali und kleesaures Wasser) und im Cremor tartari (weinsaures Kali und weinsaures Wasser) gefunden werden. Die Gerbsäure aber und einige wenige andere Säuren finden sich frei, wahrscheinlich weil sie keine Basen bekommen konnten, mit denen sie sich hätten vereinigen können, und also an Stellen entstanden sind, an welchen sich keine Basen fanden.

Jenes Kali des Sauerkleesalzes und des Cremor tartari ist natürlich dem Boden entnommen, und ebenso in allen organischen Salzen der Pflanzen mit anorganischen Basen.

Diese Basen: Kali, Natron, Kalk, Magnesia, sind in den verschiedenen Theilen derselben Pflanze sehr ungleich vertheilt, und stehen natürlich im Zusammenhange mit der Function der Theile, in welchen sie sich in grösserer oder geringerer Menge finden.

Die Frage ist: wie werden diese Basen den Pflanzen zugeführt, als organische, ulminsaure, huminsaure, geinsaure,

[1]) *Fownes* (Ann. d. Chim. et de Phys. Mars 1845, p. 377) fand in vulkanischen Felsarten, in Trachyt, Basalt, Lava, stets Phosphorsäure. Andere haben dieselbe nicht gefunden. Dieser Punkt ist wichtig und muss genau untersucht werden.

quellsatzsaure, quellsaure Salze (S. 175) oder als schwefelsaure, kohlensaure Salze, Chlorurete?

Auf diese Frage lässt sich in folgender Weise antworten. Zunächst finden sich schwefelhaltige organische Substanzen in fast allen Pflanzen, nämlich das Eiweiss und der Kleber. Dieser Schwefel kann nur von zersetzter Schwefelsäure, und diese nur von schwefelsauren Salzen herrühren. Also können schwefelsaure Salze zersetzt werden, Schwefel geben, und es muss also die Basis vom schwefelsauren Salze frei werden, die sich mit einer in der Pflanze vorhandenen organischen Säure, z. B. Aconitsäure, Chinasäure u. s. w., verbinden kann. Da nun schwefelhaltige Substanzen, wie Eiweiss, Kleber, allgemein in den Pflanzen verbreitet sind, so ist die Zersetzung der schwefelsauren Salze auch allgemein, und ebenso demnach das Freiwerden der Basen der schwefelsauren Salze.

Ausser dieser Quelle giebt es noch eine zweite. Es ist nämlich auch freier Phosphor in einigen pflanzlichen Proteinkörpern enthalten. Daher denn die Zersetzung der Phosphorsäure in phosphorsauren Salzen und also das Freiwerden ihrer Basen, mit welchen organische Säuren verbunden werden können.

Die Zersetzung der Chlorüre in den Pflanzen wird durch keinen einzigen Beweisgrund unterstützt. Es verdient indess Beachtung, dass in den Pflanzen des Meeres und der Küsten und in einigen thierischen Produkten der Meere und der Gestade Jod in einem solchen Zustande vorkommen kann, dass es als organisches Element auftritt. Im Schwamme findet man Jod ebenso mit C H N und O verbunden, wie den Schwefel in Eiweiss.

Die Zersetzung der kohlensauren Salze lässt sich hingegen als ausgemacht betrachten. Gebildete Kleesäure wird ja aus einem vorhandenen Carbonate die Kohlensäure vertreiben und sich mit der Basis verbinden. Es ergab sich aber auch aus Versuchen, dass kohlensaure Salze durch die Pflanzen zersetzt werden (*Draper*). Ueberall demnach, wo eine freie Säure gebildet wird, muss ein vorhandenes Carbonat seine Kohlensäure verlieren, und umgekehrt überall, wo ein kohlensaures Salz

durch das Licht zersetzt wird, muss ein Alkali frei werden und kann die Bildung eines alkalischen Salzes mit organischer Säure veranlasst werden.

Fügt man hinzu, dass durch die Wurzeln der Pflanzen kieselsaures Kali oder Natron aufgesogen wird, und dass die Kieselsäure davon an vielen Stellen ausgeschieden wird, so dass Kali oder Natron frei wird; dass huminsaure, ulminsaure, geinsaure, quellsatzsaure und quellsaure Salze von Kali, Natron, Magnesia, Kalk und Eisenoxyd in die Pflanzen eingehen und die organischen Substanzen dieser Salze zersetzt werden, sobald sie in die Pflanzen eingetreten sind, so sehen wir, dass es reichliche Quellen giebt für das Freiwerden anorganischer Basen, mit welchen auszuscheidende Pflanzensäuren, aber auch die indifferenten Pflanzensubstanzen: Gummi, Pflanzenschleim, Dextrin, Pectose, Cellulose, inkrustirende Substanzen, Cuticulasubstanz u. s. w., in den Pflanzen verbunden werden können.

Es werden also — in Folge wohl bekannter Zersetzung von schwefelsauren, phosphorsauren, kohlensauren, kieselsauren, ulminsauren, huminsauren, geinsauren, quellsatzsauren und quellsauren Salzen — in den Pflanzen anorganische Basen frei, die sich mit organischen Säuren, die gebildet werden können, zu Salzen von Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd verbinden, Basen, von denen einige einander bisweilen ganz oder theilweise vertreten können, namentlich das Kali zu einem Theil das Natron, dieses das Ammoniak, oder umgekehrt; der Kalk die Magnesia. Diese Basen stehen einander hinsichtlich ihrer chemischen Natur nahe, und wenn sie also in einem bestimmten Boden vorkommen, so giebt es Pflanzen — indess bei weitem nicht alle —, in welchen sich die eine durch die andere vertreten lässt.

Es ist hinlänglich bekannt, dass diese Vertretung von Basen ihre Grenzen hat. Die Küstenpflanzen, die Natron brauchen, wachsen nicht in kalihaltiger und natronfreier Erde. Und wenn man auch durch die Cultur die Pflanzen in dieser Hinsicht an eine gewisse Verschiedenheit gewöhnen kann, so wird doch

eine Pflanze wohl nie ihren ursprünglichen chemischen Charakter beibehalten, wenn sie ganz andere Basen aufnimmt, als ihr ursprünglich zukommen. Wenn man Tabakssamen von Havannah auf Java überträgt, so erhält man Tabak, der sich dem von Havannah nähert; aber der zuerst auf Java gewonnene Samen liefert schon Tabak, der von der Havannahart abweicht, und wenn man den Samen einigemale eingesammelt und gesäet hat, entartet endlich der Havannahtabak in den Javanischen. Der Grund davon kann allein in den Basen des Bodens von Havannah und Java liegen.

Den Unterschied zwischen Culturpflanzen und wildwachsenden hat man stets von einem Ueberschuss an Nahrung abgeleitet, den man den ersteren anbietet. Theilweise wird man ihn gewiss diesem Umstande zuschreiben können; man sollte aber noch den Unterschied in den anorganischen Bestandtheilen des Bodens hinzusetzen.

Wenn also auch gewisse Basen in den Pflanzen einander vertreten können, so ist damit durchaus nicht gesagt, dass die Pflanzen dieselbe Natur beibehalten, dass sie mit denselben Eigenschaften, denselben organischen Bestandtheilen versehen sind. Die Erfahrung lehrt das Gegentheil: die Basen verschiedenartiger Pflanzen z. B. sind ja, aus einem trophologischen oder pharmacologischen Gesichtspunkte betrachtet, bedeutend verschieden [1]).

Es ist bisher nicht hinlänglich unterschieden worden, welche Basen in den festen Theilen der Pflanze und welche in den nicht festen vorkommen. Es ist indess diese Unterscheidung von grosser Wichtigkeit. „In der Pflanze" ist ein roher Ausdruck. Die Natur und das Wesen der festen Pflanzentheile sind sehr verschieden. „In den festen Pflanzentheilen" ist also wieder unwissenschaftlich gesagt. Die Wissenschaft hat hier noch fast alles auszufüllen.

[1]) *Unger* hat die Pflanzen eingetheilt nach den anorganischen Bestandtheilen, deren sie aus dem Boden bedürfen.

Es wäre eine ganz zufällige Combination von Hunderten verschiedener einzelner Umstände, wenn sich wirklich ein solches Verhältniss zwischen den Basen derselben Pflanzenart, wenn sie auf verschiedenem Boden gebaut wird, fände, dass die Sauerstoffmenge der Basen stets eine constante wäre. *Liebig* (Agricultur-Chemie, 5. Aufl., S. 86) glaubt, dass dies wirklich der Fall sei; allein es ist klar, dass sich dies nur zufällig so finden kann. Dass diese Sauerstoffmengen für dieselben Pflanzen ungefähr dieselben sind, lässt sich schon aus allgemeinen Gründen vermuthen; aber mehr als annäherungsweise ist dies Verhältniss — den angestellten Analysen zufolge — nicht für wahr zu halten, und ich glaube nicht, dass es eine Regel ist, die man in die Wissenschaft aufnehmen darf: „dass „die Sauerstoffmenge aller alkalischen Basen zusammengenom- „men unter allen Umständen unveränderlich ist, — auf welchem „Boden die Pflanze auch wachsen, welchen Boden sie auch er- „halten mag.“ Die Erfahrung hat diese Regel auch nicht bestätigt (vgl. unten).

Ausser dass man bei den bis jetzt darüber angestellten Analysen die Salze aller Pflanzenorgane, des Zelleninhalts u. s. w. zusammen analysirt hat, und dadurch zu keiner grösseren Genauigkeit gelangen konnte, als eben Versuche in Masse geben können, die natürlich immer eine gewisse Annäherung ergeben, darf man hier das Ammoniak nicht übersehen, eine wichtige Basis, die gewiss Kali und Natron vertreten und durch diese in der Nahrung vertreten werden kann, und die also sowohl auf die Menge der in die Pflanzen eingetretenen festen Basen, wie auf das, was daraus in den Pflanzen werden soll, den grösstmöglichen Einfluss haben muss.

Die Analysen von *Berthier* [1]) und *de Saussure*, aus welchen eine grosse Verschiedenheit zwischen den Quantitäten der Basen hervorging, die in derselben Pflanzenart, wenn sie auf verschiedenem Boden gewachsen war, gefunden wurden,

[1]) Annales de Chim. et de Phys. T. 32, p. 248.

scheint mir wenigstens theilweise der verschiedenen Ammoniakmenge zuzuschreiben, einer Basis, durch welche alle Säuren, deren die Pflanze bedarf, aus dem Boden zugeführt werden können, und die mit diesen leicht lösliche Salze bildet.

Kurz: wenn die Regel wahr ist, dass die Sauerstoffmenge, welche die Basen der Pflanzen enthalten, für dieselbe Art, wo diese auch gewachsen sein mag, eine constante ist, dann ist es auch zugleich wahr, dass durch die Verbrennung und Analyse der Asche jenes Verhältniss nicht aufgefunden werden kann, weil eine der Basen, nämlich das Ammoniak, beim Verbrennen verflüchtigt und nicht mit bestimmt wird.

Man wende hier nicht ein, dass dieses Ammoniak als Basis in der Pflanze fast gänzlich verschwindet und ebenso wie C und O zu organischer Nahrung verwendet wird; dem steht gegenüber, dass alle Cellulose, unter welch' einer Form diese auch vorkommt, alle abgelagerte Proteinverbindungen, mit einem Worte alle feste Theile der Pflanzen, auch Kali, Natron, Kalk, Magnesia, als Basen dem Einflusse der Pflanzensäuren entziehen. Von dem Ammoniak, das in organische Substanzen eingeht, werden also Säuren frei, die mit dem Ammoniak verbunden waren; von den durch indifferente Substanzen fixirten Basen werden wieder Säuren frei, die mit jenen Basen verbunden waren.

Ich sehe hier wohl Hunderte von Ursachen zusammenwirken, die eine gewisse Annäherung veranlassen können; aber die Regel als Regel scheint mir nicht bewiesen und in dieser Zeit auch nicht zu beweisen, oder, wenn man sie nur auf die Säuren ausdehnt, die im Zelleninhalte vorkommen, wie die Weinsäure und dergl., dann wird man dafür wohl keine Regel aufstellen können, weil einige Säuren, wie die Gerbsäure, Citronensäure u. s. w., frei in den Pflanzen vorkommen, und die Regel also für diese keine Regel ist.

In dem Falle, dass die Kohlensäure kohlensaurer Salze in eine organische Säure verwandelt wird, indem eine grössere Menge Kohlensäure hinzutritt, muss nothwendiger Weise ein Salz von einer organischen Säure und einer anorganischen Ba-

sis gebildet werden, und zwar in einem guten chemischen Verhältnisse. Für diesen Fall würde aber das von *Liebig* aufgestellte Gesetz heissen, dass Cremor tartari:

$$C^4 H^4 O^5, H^2O + C^4 H^4 O^5, KO$$

ist, worüber Niemand zweifeln kann.

Wie sich die anorganischen Basen zu den indifferenten, mit einer bestimmten Form versehenen Theilen der Pflanzen verhalten, wissen wir jetzt noch nicht, und da diese keine Pflanzensäuren enthalten, sondern die Basen mit der Cellulose oder der inkrustirenden Substanz, mit anderen anorganischen Salzen durchmischt, da diese Formbestandtheile indess in vielen Pflanzen die Hauptmasse derselben bilden, so bleibt dieser Punkt in der Phytochemie noch zu untersuchen übrig, in dem Sinne, in welchem dies in der Zoöchemie hinsichtlich der Knochen erforscht ist.

Dass endlich die Pflanzen Basen aus dem Boden aufsuchen sollten, je nach ihrem Bedarf, wie man dies früher stellte, darf man ohne Zweifel für unwahr halten. Eine solche Fähigkeit kennen wir an den Pflanzen nicht. Allein man hat wahr gefunden, dass jede verschiedene Pflanzenart, in einer Nähe, in demselben Boden, unter denselben Verhältnissen, eine verschiedene Quantität Asche nach der Verbrennung hinterlässt, was so viel heisst, wie dass durch verschiedene Verdünstung und andere obengenannte Ursachen, die Wassermenge, welche die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, verschieden ist, und also auch die zurückbleibenden Salze. Daher denn auch einige Pflanzen einen viel feuchteren Boden und ein an Salzen viel reicheres Wasser brauchen, um leben zu können, als andere. 1000 Theile Eichenholz gaben 25 Theile Asche; gleichviel Lindenholz 50 Theile (*Berthier*).

Es scheint mir also nicht möglich, den anorganischen Basen in den Pflanzen eine allgemeine Bedeutung beizulegen. Wir finden sie ohne Unterschied in allen Pflanzen; mit einziger Ausnahme des Mycoderma vini enthalten alle bisher untersuchte Pflanzen anorganische Bestandtheile. Dass ein Theil derselben

in den Pflanzen, die Säuren enthalten, mit Säuren verbunden ist, ist bekannt; in der China z. B. die Chinasäure mit Kalk; in den Sauerampfarten die Kleesäure mit Kali; in den Weintrauben die Weinsäure mit Kali und Kalk. Indem sie aber in den genannten und anderen säurehaltigen Pflanzen dazu dienen, die vorhandenen Säuren zu sättigen, und in der Menge natürlich der Quantität dieser Säuren entsprechen, fehlen diese Säuren in vielen Pflanzen, und zwar in Pflanzen, die nichtsdestoweniger eine reichliche Menge Basen enthalten, und es fehlen umgekehrt Basen in einigen Pflanzen, die durch einen Gehalt an freier Säure charakterisirt sind. Man findet diese Basen in jeder Zellenwand, so jugendlich diese auch sein möge, in den Spiralfäden, in den verdickten Holzzellen; kurz, man findet sie überall wieder. Sie sind also für das Pflanzenleben unentbehrlich, die Pflanze schwindet, wenn sie fehlen, und erzeugt, weil sie kränklich wird, nicht die Substanz, welche sie sonst erzeugen würde. Allein wir schliessen daraus noch nicht, dass die in diesem krankhaften Zustande fehlenden Produkte selbst unmittelbar jener Basen zu ihrer Entstehung bedürfen. Das Stärkmehl enthält z. B. fast gar keine anorganische Substanzen; es kann ohne den direkten Einfluss derselben entstehen; aber der Zelleninhalt, mittelst dessen das Dextrin des Pflanzensaftes in Stärkmehl verwandelt werden muss, thut dies nicht; er ist gelähmt, wenn er die erforderlichen Basen nicht enthält. Demzufolge wird kein Stärkmehl zu Stande gebracht, obgleich das Stärkmehl selbst keiner Basen bedarf. — Ebenso verhält es sich mit den Pflanzensäuren. Wenn wir folgern wollten, dass eine Pflanze, der man die nöthige Menge Kali vorenthält, desshalb kein kleesaures oder weinsaures Kali erzeugt, weil die in der Entstehung begriffene Säure keine Base findet, um sich zu sättigen, dann würden wir uns irren. Die Pflanze wird beim Mangel an Kali kränklich, die in derselben enthaltenen Substanzen setzen sich auf eine andere Weise um, als bei der Gegenwart alkalischer Basen, und wegen jener allgemeinen Kränklichkeit, also indirekt bedingt durch den Mangel an Kali, unterbleibt die Bildung

von Kleesäure oder Weinsäure. Eine Pflanze, der man alle anorganische Substanzen vorenthält, erzeugt nichts; mit gleichem Rechte könnte man also behaupten, dass alles von den Basen abhängt, die Erzeugung der Pflanzenalkalien, der ätherischen Oele, der Farbstoffe u. s. w., wie man die Entstehung der Säuren von der Gegenwart anorganischer Basen ableiten kann.

Dies ist der einzige Zusammenhang, den ich zwischen den Quantitäten der Säure, die sich aus einer Pflanze gewinnen lässt, und der Quantität der Basis, die ihr als Nahrung dargeboten wird, entdecken kann. Je mehr Basen — bis zu einer gewissen Grenze — in eine Pflanze eintreten können, desto üppiger wird die Pflanze gedeihen und ihre eigenen Substanzen erzeugen, desto mehr Säure wird z. B. gebildet, fixirt und aus dem Kreise des Stoffwechsels entfernt werden, der in allen Theilen der Pflanze herrscht. Nur auf diese Weise können wir, wie ich glaube, die fast räthselhafte Erscheinung erklären, dass die Säure und die Basen einander entsprechen. Denn indem die Säure z. B. in den Früchten gebildet wird, können wir uns doch in den Wurzeln nicht ein Vermögen denken, das im Stande wäre, dafür zu sorgen, dass der Säure der Frucht eine *hinreichende* Menge Kali dargeboten werde. Deshalb bleiben in feuchten Jahren die Früchte auch sauer, weil das Wasser in der Frucht nicht verdunsten kann, wodurch Pflanzensaft in die Frucht eintreten und die nöthige Basismenge mit sich führen könnte, um die Säure zu neutralisiren. Reife Früchte müssen deshalb mehr Asche geben als saure, und man darf deshalb den *Bérard*'schen Analysen nicht unbedingtes Vertrauen schenken [1]).

Die sauren und unreifen Früchte enthalten endlich mehr oder weniger freie Säure, zum Beweise, dass die Säure gebil-

[1]) *Johnston* (Agricultural Chemistry) erhielt aus dem Stroh von unreifem Weizen, der auf einem Lehmboden gebaut und 5 Wochen vor der Reife verbrannt wurde, aus 100 Pf. Stroh 40 Pf. Asche, während er aus dem Stroh von reifem Weizen 50 Pf. erhielt.

Bérard's Resultate werden unten in dem Artikel: „Reifen der Früchte" erwähnt.

det war, bevor eine hinlängliche Menge anorganischer Basis herbeigeführt wurde, woraus demnach folgt, dass die Menge der gebildeten Säure der Menge der als Nahrung dargebotenen Basis nicht entspricht.

Aus dem Mitgetheilten ergiebt sich, dass ich *Liebig's* Ansicht (Journ. de Pharm. et de Chim. 1843, Tom. IV, p. 87) über den Nutzen der Basen zur Erzeugung der Säuren in den Pflanzen nicht theilen kann, und dass ich diese für das Wachsthum der Pflanze so wichtige Sache aus einem anderen Gesichtspunkte betrachten zu müssen glaube.

Ich will jetzt einige Analysen von Pflanzenasche mittheilen, die neuerdings unter der Anleitung von *Fresenius* und *Will* ausgeführt sind (Ann. d. Chemie und Pharm. 1844, Juni).

Sie theilen die Pflanzenaschen in drei Hauptgruppen:

Asche mit kohlensauren Erden und kohlensauren Alkalien als Hauptbestandtheilen. Diese erhält man aus Holzarten, Krautpflanzen und Moosen, in so fern sie reich an Pflanzensäuren sind.

Asche mit phosphorsauren Alkalien und alkalischen Erden als Hauptbestandtheilen, wohin die Asche der Samen gehört.

Asche mit Kieselsäure als Hauptbestandtheil, wohin die Halme der Gramineen und Equisetaceen zu rechnen sind.

Diese Eintheilung lässt sich natürlich nicht durchführen, sie giebt uns aber wenigstens einige Gruppen für die Asche.

In Tabak von Ungarn fanden sie 18,9 bis 27,36 % Asche; in den Blättern von Viscum album 10,93 %, im Stengel 3,67; in Pyrus malus 1,29 %; in Moosen eines Aepfelbaums 3,62 %.

Von zehn verschiedenen Tabaksarten wollen wir hier für drei die Asche von verschiedenen Standorten mittheilen.

	I	IV	X
Kali	29,08	18,20	11,21
Natron	2,26		
Kalk	27,67	27,86	47,03
Magnesia	7,22	15,73	12,77
Chlornatrium	0,91	11,41	2,58
Chlorkalium		3,92	2,97
Phosphorsaures Eisen . . .	8,78	6,80	6,30
Phosphorsaurer Kalk			
Schwefelsaurer Kalk	6,43	10,11	5,11
Kieselerde	17,65	5,97	12,03
Sauerstoff der Basen . . .	16,06	16,99	20,05.

In den erwähnten Analysen der Tabaksasche sieht man aufs deutlichste eine Vertretung von Basen. Allein der Unterschied in den Sauerstoffmengen der Basen von I, IV und X ist so gross, dass man an eine constante Menge der Basen für dieselbe Pflanzenart nicht denken kann. Die hier in diesen Analysen nicht aufgenommene Salpetermenge und überhaupt was zu einem verschiedenen Saftreichthum gehört, mag davon die Ursache sein.

	Rother Weizen.	Weisser Weizen.	Roggen-samen.	Roggen-stroh.	Erbsen.	Apfelbaum.
Kali	21,87	33,84	32,76	17,19	39,51	19,24
Natron	15,75		4,45		3,98	0,45
Kalk	1,93	3,09	2,92	9,06	5,91	63,60
Magnesia	9,60	13,54	10,13	2,41	6,43	7,46
Eisenoxyd	1,36	0,34	0,82	1,36	1,05	
Phosphors. Eisenoxyd						
Phosphorsäure . .	49,32	49,21	47,29	3,82	34,50	4,15
Chlornatrium . . .				0,56	3,71	0,45
Chlorkalium . . .				0,26		
Schwefelsäure . .	0,17		1,16	0,83	4,91	0,93
Kieselsäure . . .			0,17	64,50		1,31
Sauerstoff der an Phosphorsäure geb. Basen	12,35	11,92	11,97		11,18	

Was diese Analysen betrifft, so verdient es Beachtung, dass Erbsen nach den Analysen von *Fresenius* und *Will*, *Bichon*,

Thon und *Boussingault* für ganz verschiedene Standorte, an Phosphorsäure die ziemlich constante Menge von 34 %, geben, wovon indess ein Theil auf den Phosphor der in den Erbsen enthaltenen Proteinverbindungen zu rechnen ist. Das Kali schwankt zwischen 34 und 39,5 %, das Natron, der Kalk, die Magnesia in umgekehrtem Verhältnisse. Die Sauerstoffmenge der Erbsenasche schwankt von 11,18 bis 13,51 %. Die Menge der Schwefelsäure ist theilweise Produkt der Oxydation des Schwefels der Proteinverbindung.

Die folgende Tabelle giebt eine hübsche Uebersicht über die anorganischen Bestandtheile einiger als Nahrung dienender Pflanzentheile, wofür ich die soeben über die Phosphorsäure und Schwefelsäure gemachte Bemerkung wiederhole. Sie ist den Mittheilungen von *Fresenius* und *Will* entnommen.

	Vicia Faba *Bichon.*	Phaseolus vulg. *Thon.*	Gerste *Bichon.*	Hafer *Boussing.*	Eicheln *Kleinschmitt.*
Kali	20,82	21,71	3,91	12,9	64,64
Natron	19,06	21,07	16,79		
Kalk	7,26	5,38	3,36	3,7	4,89
Magnesia	8,87	7,35	10,05	7,7	5,57
Eisenoxyd	1,03	0,34	1,93	1,3	
Phosphorsäure . .	37,94	35,33	40,63	14,9	15,62
Chlornatrium . . .		3,32			0,98
Schwefelsäure . .	1,34	2,28	0,26	1,0	
Chlor	1,48			0,5	
Kieselsäure . . .	2,46	1,48	21,99	53,3	0,96
Phosphorsaures Eisen					2,61
Schwefelsaurer Kalk					4,73
Sauerstoffgehalt d. Basen	13,56	13,04	11,70	14,95 [1]	

Von diesen Bestimmungen weichen die *Johnston*'schen bedeutend ab (Agricultural Chemistry). 100 Theile Asche der folgenden Pflanzentheile enthalten:

[1]) *Hertwig* hat Analysen von anderen Pflanzenaschen mitgetheilt (Annal. der Chem. und Pharm. April 1843, S. 97). Siehe weiter das citirte Juniheft von 1844, wo noch andere vorkommen.

	Weizen.	Weizen-stroh.	Gerste.	Gersten-stroh.	Hafer.	Hafer-stroh.	Bohnen.	Bohnen-stroh.
Kali . . .	19	0,5	12	3,5	6	15	19,5	53
Natron . .	20,5	0,75	12	1	5	Spuren	38	1,5
Kalk . . .	8	7	4,5	10,5	3	2,75	7,75	20
Magnesia .	8	1	8	1,5	2,5	0,5	7,5	6,75
Thonerde (?)	2	2,75	1	3	0,5	Spuren	1,5	0,5
Eisenoxyd .	0	0	Spuren	0,5	1,5	Spuren	0	0,5
Kieselerde .	34	81	50	73,5	76,5	80	6	7
Schwefels. .	4	1	2,5	2	1,5	1,5	4	1
Phosphors. .	3,5	5	9	3	3	0,25	13,75	7,25
Chlor . . .	1	1	1	1,5	0,5	Spuren	2	2,5 [1]

Es verdient vorzugsweise Beachtung, dass diese anorganischen Bestandtheile nicht gleichmässig durch die ganze Pflanze vertheilt, sondern in einigen Theilen viel stärker aufgehäuft sind als in anderen. Dies zeigt einen Zusammenhang zwischen den organischen Bestandtheilen der Pflanzen und den anorganischen, der in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit verdient. *Johnston* (Agricultural Chemistry) giebt folgendes Verhältniss an:

Asche in 1000 Theilen.

Hafer	35	Haferstroh	60
Bohnen	30		
Erbsen	28	Erbsenstroh	50
Gerste	20	Gerstenstroh	50
Türkischer Weizen	15	Stroh von türk. Weizen .	50
Roggen	10	Roggenstroh	30
Weizen	12	Weizenstroh	50.

So wie hieraus eine Verschiedenheit der anorganischen Bestandtheile für verschiedene Pflanzen hervorgeht, wodurch eine verschiedene Cultur bedingt wird, so sehen wir auch, dass man den Ertrag des Bodens nicht dadurch vermehren kann, dass man den Pflanzen einen Ueberschuss an anorganischen Bestandtheilen mittheilt. In Roggen z. B. und in Weizen wird man

[1]) Bei *Payen* (Mém. sur les développem. des végétaux, p. 318) findet man noch andere Bestimmugen von anorganischen Pflanzenbestandtheilen.

dadurch wohl die Menge des Strohs vermehren, allein nicht die Zahl oder das Gewicht der Samen. *Johnston* bemerkt, dass dieser Aschengehalt im Stroh in demselben Verhältnisse zunimmt, wie die Entfernung von der Wurzel, so dass, wenn das untere Viertel eines Halmes von Weizenstroh 3 bis 4 Theile Asche giebt, das zweite von unten 5 bis 6 Th., das dritte 6 bis 7 Th., das oberste 8 bis 9 Th. Asche geben wird. Dagegen enthält Hafer- und Roggenstroh die grösste Menge Asche im untersten Theile.

Aehnliche Bestimmungen hat auch neulich *A. Vogel* der Jüngere gemacht (Ann. d. Chemie und Pharm. Juli 1844, S. 139). Er hat die Asche von Pyrus spectabilis analysirt, und zwar vom Stamme, von den Blättern und von der Frucht. Er fand also:

Stamm.

Kohlensaure Alkalien	4,6
Kohlensauren Kalk	82,2
Kohlensaure Magnesia	4,9
Phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Talkerde	8,8
	100,5

Blätter.

Kohlensaure Alkalien mit Spuren von Kochsalz Schwefelsaures Kali und phosphorsaure Alkalien	6,8
Kohlensauren Kalk	72,9
Kohlensaure Bittererde	9,76
Phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Bittererde	10,5
	99,96.

Früchte.

Kohlensaure Alkalien	19
Phosphorsaure Alkalien	14,1
Kohlensauren Kalk	37
Kohlensaure Bittererde	5,52
Phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Bittererde	18,6
Kieselerde	3,7
	97,92.

Diese Analysen bestätigen, was oben (S. 670) gesagt wurde über die Unmöglichkeit, dass in einer ganzen Pflanze, wo sie auch gebaut sei, eine Aschenmenge vorkommen sollte, in wel-

cher die Sauerstoffmenge für dieselbe Pflanzenart constant wäre. Uebrigens scheint in der Asche des Stammes die kleine Menge Kochsalz und schwefelsaures Kali übersehen zu sein, welche sich in den Blättern findet. Woher sollten sie dieselben bekommen, wenn sie nicht durch den Stamm zugeführt würden?

Die grosse Menge phosphorsaurer Alkalien in den Früchten, und die grössere Menge phosphorsauren Kalkes und phosphorsaurer Magnesia in denselben, als im Stamm und in den Blättern, steht offenbar im Zusammenhang mit dem Gehalt an Früchtesaft, und ist also nicht durch die Formbestandtheile bedingt. So werthvoll diese Analyse übrigens auch ist, sie lehrt uns dennoch nichts, was für die Wissenschaft verwendbar wäre. Eine gleich grosse Menge Pflanzensaft vom Stamme oder von den Blättern würde natürlich einen viel kleineren Unterschied gegen den der Früchte ergeben haben, als jetzt für den Stamm, die Blätter und die Früchte in Masse gefunden wurde.

Man muss anerkennen, dass die Aschenanalysen von Eichen, wie sie von *de Saussure* vor vielen Jahren angestellt wurden, viel wissenschaftlicher sind, als irgend eine der vorhergehenden.

	In 1000 Theilen			100 Theile Asche enthalten:					
	der grünen Pflanze enthalt. Asche.	d. trocknen Pflanze enthalt. Asche.	der grünen Pflanze enthalt. Wasser	In Aq. lösliche Salze.	phosphorsaure Salze.	kohlensaure Salze.	Kieselsäure	Metalloxyde	Verlust.
Blätter von Eichen, 10. Mai	13	53	745	47	21	0,12	3	0,64	25,24
dito 27. Sept. . .	24	55	549	17	18,25	0,23	14,5	1,75	25,5
Der Rinde beraubte Aeste				26	28,5	12,25	0,12	1	32,58
Rinde derselben .		60		7	4,5	63,25	0,25	1,75	22,75
Kernholz		2		38,6	7,5	32	2	2,25	20,65
Splint		4		32	24	11	7,5	2	23,5
Rinde des Stammes		60		7	3	66	1,5	2	31,5
Bast der Rinde . .		73		7	3,75	65	0,5	1	22,75
Extract aus Eichenh.		61		51					
Humus dieses Eichenholzes . .		41		24	10,5	10	32	14	8,5
Extract aus diesem Humus		111		66	66				

Wie gross die Menge der anorganischen Bestandtheile ist, die durch die Pflanzen dem Boden entzogen und demgemäss vom Acker entfernt werden, geht aus den folgenden Angaben *Johnston*'s hervor (l. l.). In einer Erndte vier auf einander folgender Jahre, in welchen die eingesammelten Gewächse per Morgen betragen:

im ersten Jahre Knollen, 25 Tonnen Wurzeln und 7 Tonnen Laub;

im zweiten Jahre Gerste, 38 Scheffel, jeder von 63 Pfund, und 1 Tonne Stroh;

im dritten Jahre Klee und Saatgras, 1 Tonne von jedem an Heu;

im vierten Jahre Weizen, 25 Scheffel von 60 Pfund und 1 3/4 Tonnen Stroh;

wird dem Lande entzogen:

Kali	281 Pfund.
Natron	130 „
Kalk	242 „
Bittererde . . .	42 „
Thonerde (?) . .	11 „
Kieselerde . . .	318 „
Schwefelsäure .	111 „
Phosphorsäure .	66 „
Chlor	39 „
Im Ganzen . .	1240 Pfund.

Von den vier genannten Pflanzen nimmt jede ihre Bestandtheile aus dem Boden auf, woraus also folgt, dass eine Bodenart, die für gewisse Bestandtheile durch die Cultur einer bestimmten Pflanzenart erschöpft ist, sehr gut sein kann für die Cultur einer anderen Art, die daher in einem folgenden Jahre mit Erfolg darin gebaut werden kann, und dass man, insofern das capillar aufgesogene Flusswasser nicht im Stande ist, die genannten anorganischen Substanzen in den obersten Schichten wieder anzufüllen, diese anorganischen Stoffe hinzuführen muss; was namentlich der Fall ist mit den phosphorsauren Sal-

zen, die im gewöhnlichen Wasser nicht vorkommen. Endlich geht hieraus hervor, wie vortheilhaft es ist, die Wurzeln und andere Pflanzentheile einzuackern, weil dadurch ausser den organischen Bestandtheilen auch die in denselben enthaltenen anorganischen Bestandtheile dem Acker einverleibt werden und also später wachsenden Pflanzen zur Nahrung gereichen können.

Aus dem Angeführten erklärt sich leicht, weshalb nebst anderen Gründen die Pflanzen in den warmen und kalten Treibhäusern schlecht vegetiren, weil sie nämlich durch den Mangel an zugeführten anorganischen Salzen sich nicht entwickeln können, wodurch sie so selten Früchte tragen. Es wird ihnen ein erstes Bedürfniss vorenthalten. Aus demselben Grunde sind unsere Haiden so unfruchtbar, und sie würden in fruchtbare Triften zu verwandeln sein, wenn man die obersten Schichten mit Lehmboden vermischen könnte, wodurch die zugeführten Stoffe nicht, wie jetzt, durch Regenwasser rasch in die Tiefe geführt werden würden, was die obersten Schichten aller anorganischen Substanzen beraubt.

Wenn wir zum Schlusse einen Blick werfen auf den Zweck der anorganischen Bestandtheile der Pflanzen, so kommt hier zunächst in Betracht, dass viele organische Substanzen mit bestimmten Quantitäten von Basen gesättigt werden. So wie der Faserstoff und das Eiweiss des Bluts kohlensaures Natron erfordern, in welchem sie aufgelöst und mit welchem sie chemisch verbunden sind, so wie Natron in der Galle vorkommt, phosphorsaurer Kalk in Knochengallerte chemisch gebunden zu sein scheint, so ist nothwendiger Weise manche pflanzliche Substanz in der Pflanze grade das, was sie ist, indem sie nicht als chemisch reiner organischer Körper, sondern mit anorganischen Substanzen verbunden in derselben vorkommt. Ich verweise in dieser Hinsicht auf S. 403, und glaube den Nutzen der Basen in den Pflanzen in viel weitere Grenzen fassen zu müssen, als durch die Säuren allein bestimmt werden. Grade durch diese anorganischen Bestandtheile kommen, wie mir scheint, Verschiedenheiten bei derselben organischen Substanz in den Pflan-

zen vor, durch welche das Pflanzenreich im Stande ist, in verschiedenen Pflanzen sowohl, wie in verschiedenen Theilen derselben Pflanze eine so unendliche Verschiedenheit darzubieten.

Es lassen sich indess für jetzt in diesem Theile der Wissenschaft nur wenig specielle Bestimmungen mit Frucht über den Nutzen, den jedes Salz, oder jede Basis einzeln erfüllt, angeben. Unsere Kenntniss hierin ist noch höchst mangelhaft. Folgendes mag hier nicht überflüssig sein, zumal aus dem Gesichtspunkte des Nutzens jener Pflanzenstoffe, welche als Nahrungsmittel der Thiere verwendet werden.

Der Schwefel und der Phosphor, die mit Protein verbunden vorkommen und diesem im thierischen Körper einen so verschiedenen Charakter ertheilen, kommen, wenn auch in anderem Verhältnisse, doch auch im Pflanzenreiche vor. Die Entstehungsweise derselben lässt sich aus einem allgemein anerkannten Princip ableiten. Es herrscht nämlich im Pflanzenreiche ein Streben zu desoxydiren. Wenn die Kohlensäure, unter dem Einfluss bestimmter Substanzen einen Theil ihres Sauerstoffs verlieren und wenn der Rest sich mit Wasser verbinden kann — eine Zersetzung, die sich in der Pflanze nicht bezweifeln lässt — dann können, ja dann müssen unter denselben Einflüssen mancherlei andere Körper ihren Sauerstoff verlieren.

Es erleidet keinen Zweifel, dass jener Schwefel und Phosphor von den schwefelsauren und phosphorsauren Salzen abzuleiten sind, und zur Bereitung der genannten organischen Schwefel- und Phosphorverbindungen ist also die Gegenwart der schwefelsauren und phosphorsauren Salze im Boden unentbehrlich, wie man dies aus alter Erfahrung längst weiss.

Ich habe bereits öfters bemerkt, dass es unwahr scheint, dass diese Verbindungen des Pflanzenproteins mit Schwefel und Phosphor unverändert in den thierischen Körper übergehen sollten. Indem sie neben anderen schwefelhaltigen Körpern in den Pflanzen bereitet werden, z. B. neben Senföl, können sie im thierischen Organismus von Schwefel und Phosphor befreit oder mit diesen versehen werden. Das Taurin sei uns hier

zum Beispiel, ein Körper, in welchem nach *Redtenbacher's* Analysen 26% Schwefel gefunden werden, und der wohl ohne Zweifel im thierischen Körper gebildet wird. Ausserdem haben die Haare, die Nägel, die Oberhaut eine viel grössere Menge Schwefel, als in den Proteinverbindungen vorkommen.

Beide organische Reiche scheinen also geeignet, schwefelsaure Salze zu zersetzen, und — wie uns die Hirnfette lehren — auch die phosphorsauren Salze werden zersetzt.

Da indess alle thierische Nahrung in letzter Instanz aus dem Pflanzenreiche geschöpft wird, so ist die Gegenwart schwefelsaurer und phosphorsaurer Salze im Boden für den angegebenen Zweck unentbehrlich, damit die organische Natur bestehen könne. Der Thierkörper trägt einen Ueberfluss von Phosphor mit sich, in den Knochen und in fast allen Bestandtheilen. Den phosphorsauren Kalk trifft man in Verbindung mit Faserstoff, mit Eiweiss des Blutserums, und die essbaren Pflanzen müssen also dieser Bedingung genügen, dass sie dem thierischen Körper einen Ueberfluss von phosphorsaurem Kalk zuführen. Wir finden ihn in reichlicher Menge im Harn und in der Milch, und wir lernen also, dass in der pflanzlichen Nahrung der Kuh z. B. eine reichliche Menge phosphorsauren Kalkes gefunden werden muss.

Sehr reichlich sind einige Cerealien mit demselben versehen. Der Boden, auf dem sie gebaut werden sollen, muss also eine reiche Menge dieser phosphorsauren Salze besitzen, oder dieses Salz muss als Dünger dem Boden zugeführt werden, und zwar in demselben Maasse, in welchem durch die Cultur der Pflanzen, die des phosphorsauren Kalkes bedürfen, dieses Salz dem Boden entzogen wird. Daher der Nutzen der Knochenasche als Dünger für Erbsen und Bohnen, Cerealien, Kohlarten, Runkelrüben, Knollen und andere Pflanzen, die eine reichliche Menge eiweissartiger Substanzen besitzen, und mit diesen zugleich eine grosse Menge phosphorsauren Kalkes enthalten, der die eiweissartigen Körper stets begleitet.

Es ist nicht zweifelhaft, auf welche Weise organische Salze,

wie der phosphorsaure Kalk, durch die Würzelchen der Pflanzen aufgenommen werden. Das Salz muss durchaus gelöst sein, wenn es in die Pflanze eintreten soll. In dem fünften Kapitel haben wir gezeigt, dass wirklich Säuren, Essigsäure, Ameisensäure u. s. w., im Boden enthalten sind, wodurch sogar der basische phosphorsaure Kalk löslich gemacht werden kann. So kann der kohlensaure Kalk durch kohlensaures Wasser in die lösliche Form übergeführt und von den Wurzelzellen aufgenommen werden, und so können andere unlösliche Substanzen des Bodens, weil sie nicht bloss durch reines Wasser, sondern durch eine sehr complexe Flüssigkeit hindurchgedrungen sind, in eine vollkommen lösliche Form übergeführt werden.

Unter den Basen, die in den Pflanzen vorkommen, welche Menschen und Thieren zur Nahrung gereichen, kann das Eisenoxyd nicht fehlen; es bildet einen Bestandtheil des Farbstoffs des Bluts. Es ist dazu nur sehr wenig Eisen nöthig; es kommt in kleinen Mengen in den gebräuchlichen Pflanzen vor, und muss demnach einen Bestandtheil des Bodens darstellen. Die Menge dieses in Pflanzen enthaltenen Eisenoxyds ist verschieden für dieselbe Pflanzenart, wenn sie auf verschiedenem Boden gezogen ist; so kann man z. B. recht gut aus der Asche, die vom Thee nach dem Verbrennen zurückbleibt, bestimmen, ob man chinesischen oder Java-Thee vor sich hat. Von dem eisenhaltigen Boden Java's geht eine viel grössere Eisenmenge in den Thee über, als der kalkhaltige chinesische Boden liefern kann, und die Asche des ersteren ist deshalb auch roth, die des letzteren sehr blassroth.

Die Wasserpflanzen stimmen hinsichtlich der anorganischen Substanzen, die sie nothwendig brauchen, mit den Pflanzen überein, die auf festem Boden wachsen. Sie sind ebenso nach der Art des Wassers verschieden, wie die anderen Pflanzen nach der Art des Bodens. Und ebenso wie die Samen der Pflanzen, die dem festen Boden angehören, wenn sie nicht gebaut, sondern von der Natur gesäet werden, nur in solchem Boden keimen, in welchem sie die erforderliche anorganische Nahrung

finden, die ihrer Natur eigenthümlich ist, grade so verhält sich dies auch mit den Wasserpflanzen. Die Tange unserer Küsten, die Natron und Jod brauchen, können deshalb in unseren Gärten nicht leben, weil das Natron nicht gänzlich durch Kali, das Jod nicht durch Chlor vertreten werden kann. S. 151 machte ich schon darauf aufmerksam, dass aus eben diesem Grunde die Flora unseres Landes der der Rheingegend so ähnlich ist.

Es ist öfters zur Sprache gekommen, ob die Pflanzen die in denselben vorkommenden anorganischen Substanzen wohl dem Boden entnehmen können, da gewisse Boden wenig oder nichts davon zu enthalten scheinen. *Wiegmann* und *Polstorff* [1]) haben diese Frage durch genaue Versuche gelöst. Samen von Lepidium sativum, die in fein zerschnittenen Platindrath in einem Platintiegel gesäet, mit reinem destillirtem Wasser befeuchtet und vor Staub geschützt waren, gaben Pflänzchen, deren Asche gleich viel betrug, wie die eines gleichen Gewichtes Samen. Wenn man alle Quellen anorganischer Substanzen, die von aussen zugeführt werden können, verschloss, nahm also die Menge derselben nicht zu.

Ganz anders verhielt es sich, wenn man Samen in Quarzsand säete, der vorher mit Königswasser ausgezogen war. Die Menge der Asche der Pflänzchen, die übrigens unter den früher genannten Verhältnissen gekeimt waren, war im Quarzsand eine doppelte. Es zeigte sich bei der Untersuchung, dass dieser Quarzsand 3, 1% an Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxyd enthielt, obgleich er mit Königswasser ausgezogen worden war. Dieser Quarzsand, der einen Monat hindurch mit Wasser befeuchtet war, durch welches Kohlensäure geführt wurde, trat an das Wasser Kieselsäure, Kali, Kalk und Magnesia ab, und lehrte also, dass die dürren Sandboden, die unmittelbar an Wasser oder an Pflanzen nichts abgeben, durch die sogenannte Verwitterung (S. 149) dennoch unter dem Einfluss des kohlen-

[1]) Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen, eine in Göttingen 1842 gekrönte Preisschrift.

säurehaltigen Wassers lösliche Bestandtheile abgeben und an die Pflanzen abtreten können, wenn sie diese nur enthalten. Die langsame Zersetzung der sogenannten unlöslichen kieselsauren Salze und ihr Nutzen für das Pflanzenwachsthum ist also durch diese Versuche aufs deutlichste erwiesen.

Diesen soeben genannten, mit verschiedenen Samen (wie von Vicia sativa, Hordeum vulgare, Avena sativa, Polygonum Fagopyrum, Nicotiana Tabacum, Trifolium pratense) angestellten Versuchen gegenüber, stellten sie andere mit einer bekannten künstlichen Ackererde an, welche die folgende Zusammensetzung hatte:

Sand	861,26
Schwefelsaures Kali	0,34
Chlornatrium	0,13
Schwefelsaurer Kalk (wasserfrei)	1,25
Geschlemmte Kreide	10,00
Kohlensaure Magnesia	5,00
Manganoxyd	2,50
Eisenoxyd	10,00
Thonerde (aus Alaun gefällt)	15,00
Phosphorsaurer Kalk	15,60
Huminsaures Kali	3,41
— — Natron	2,22
— — Ammoniak	10,29
Huminsaurer Kalk	3,07
Huminsaure Magnesia	1,97
— — Thonerde	4,64
Huminsaures Eisen	3,32
Unlösliches Humin	50,00
	1000,00.

Während die Pflanzen in den früher erwähnten, in Quarzsand angestellten Versuchen schlecht wuchsen und keine Früchte trugen, entwickelten sie sich in diesem Gemenge, das mit destillirtem Wasser befeuchtet und vor Staub geschützt war, sehr gut, trugen Früchte und gaben im Ganzen 4 — 5mal mehr Asche, als die Samen ursprünglich enthielten.

Was aber aus diesen Versuchen folgt, ist deshalb beschränkt, weil im Quarzsande auch alle organische Substanzen fehlten, ebenso wie die in Wasser leicht löslichen anorganischen Bestandtheile. Sie lehren aber aufs deutlichste, dass wirklich die anorganischen Substanzen, wenn diese in den Pflanzen in grösserer Menge gefunden werden, als in den Samen, den Pflanzen von aussen zugeführt werden; andererseits dass die Menge der anorganischen Substanzen mit dem Wachsthum zunimmt.

Ueber den Nutzen, der durch die anorganischen Nahrungsmittel der Pflanzen erzeugt wird, vergleiche den Anfang des VII. Cap. S. 365.

Organische Nahrung der Pflanzen.

Wenn man beobachtet, wie das eine organische Wesen sich an das andere festklammert, um Nahrung aus demselben zu erlangen, dann ist der erste und letzte Eindruck, den man davon bekommt, der, dass organische Wesen einander erhalten.

Die parasitischen Thiere, die auf der Haut von anderen *leben*, die Thiere, welche ihre Eier unter die Haut anderer *legen*, wo diese Eier ausgebrütet werden, die Entozoen und viele andere Beispiele kann man im Thierreiche für materiellen Zusammenhang zwischen Individuen, ja vielleicht für organischen Zusammenhang derselben finden.

Die parasitischen Pflanzen sind noch zahlreicher. Die Baumstämme sind mit Moosen gleichsam besäet. Zwar giebt es viele falsche Parasiten, die sich an einen organischen Körper, bloss um eine Stütze zu haben, festklammern; viele aber haben keine andere Nahrungsquelle, als den organischen Körper, der ihnen zur Stütze dient.

Auf Goldfischen entwickeln sich Conferven und andere Algen [1]; der Wassersalamander, die Frösche werden mit Con-

[1]) *Goodsir* in Annals of Nat. hist., Tom. IX, p. 333. *Unger* in Linnaea, Tom. XVI, p. 120.

ferven bedeckt [1]); in den Lungen der Vögel werden Conferven und Pilze entwickelt [2]); die menschliche Haut wird mit verschiedenen einfachen Pilzen überzogen [3]), und auch auf den Schleimhäuten findet man sie nicht selten; in Kartoffeln, in Pflanzenzellen werden Pilze gebildet [4]).

Alle diese Beispiele lehren uns, dass diese Pflanzen dem mütterlichen Boden wirklich organische Nahrung entnehmen.

Es wurde in der Natur für bei weitem die Mehrzahl der Pflanzen eine allgemeine Nahrungssubstanz erfordert, eine Substanz, aus welcher die Pflanzen, was sie brauchen, schöpfen könnten, und durch welche man ihnen ersetzen könnte, was fehlte. Diese Substanz ist für sehr viele Pflanzen, für bei weitem die Mehrzahl der jetzt lebenden Pflanzen der Humus. Für viele andere sind es andere Körper, welche die Nahrungsmittel darbieten. Die soeben und oben S. 99, aufgezählten Pflänzchen ernähren sich alle mit eigenthümlichen Stoffen, welche sie den Organen entnehmen, auf welchen sie sich als Parasiten finden. Die auf verschiedenen organischen Substanzen entstehenden Pilze sind, je nach der Natur dieser Substanzen verschieden, bleiben constant und verdanken diese Constanz nur den Nahrungsmitteln, durch welche sie unterhalten werden. Auf feuchtem Leder, das mit gerbsaurem Eisen und Gummi beschmiert ist, auf Dinte z. B. entstehen stets und überall dieselben Arten.

Diese Constanz der Pilze, die sich auf denselben organischen Körpern bilden, lehrt uns zunächst eine Entwicklung dieser Pflänzchen kennen aus den Molecülen der organischen Substan-

[1]) *Hannover* in *Müller*'s Archiv 1839. S. 338. *Stilling* ibid. 1841. S. 279, *Hannover* ibid. 1842, S. 73.

[2]) *Joh. Müller* in Archiv 1842. S. 198. *Deslongchamps* in Comptes rendus 1841, p. 1110. Siehe mehre Beobachtungen in Comptes rendus 1841, p. 1110. Philos. magaz. 1833, II, p. 74.

[3]) *Hannover* in *Müller*'s Archiv 1842, S. 281. *Schönlein* ibid. 1839, S. 82. Gruby ibid. p. 22. *Bennet* Transact. of the Royal Society of Edinburgh Tom. XV p. 2. Annals of nat. Hist. Tom. VI. p. 125.

[4]) *Martius*, die Kartoffelepidemie, 1842. Vgl. oben S. 99. *Nägeli* in Linnaea Tom. XVI. p. 288.

zen, auf welchen man sie findet, aber auch eine Ernährung durch diese Substanzen. Feuchtes Leder z. B. fault nicht, indem es schimmelt; die Gerbsäure der Stiefelwichse veranlasst durch Zersetzung die erste Bildung dieser Schimmel. Wenn diese Pflänzchen einmal entstanden sind, werden sie üppig genährt durch die Elemente des Leders, der Gerbsäure und der Gallerte, und diese werden erst nach Jahren erschöpft.

Der Merulius destructor verdient in dieser Hinsicht die höchste Beachtung. Diese Pflanze verursacht in England einen Schaden von Millionen. Wenn sie einmal auf Holz entstanden ist, pflanzt sie sich kräftig fort, die Fäden ihres Lagers dringen tief in die Substanz des Holzes, das dadurch erschöpft wird und zerfällt. Man hat in England diese Zerstörung *dry rot* genannt und lange ihre Bedeutung verkannt. *Kyan*'s Untersuchungen haben hierüber zuerst einiges Licht verbreitet. Eine Sublimatlösung, in welche das Zimmerholz getaucht wird, und welche nicht tiefer eindringt, als bis auf einige wenige Millimeter, verhütet nicht nur die Verbreitung der gefürchteten Holzkrankheit, sondern sie bekämpft sie auch unter den ungünstigsten Verhältnissen. Stücke von gesundem Holze, die, auf diese Weise mit Sublimat behandelt, an Stücke, die von *dry rot* heftig befallen waren, befestigt und in Keller gelegt wurden, in welchen sich kein Stückchen gewöhnliches Holz erhält (in Woolwich nennt man sie *dry rot pits*), widerstanden viele Monate hindurch der Ansteckung gänzlich. Die Oberfläche des Holzes war mit einer Substanz versehen, durch welche die Verbreitung der Pflanze gehemmt und der Fortpflanzung des Uebels Einhalt gethan war.

Die Fäden des Lagers dieser Pflanze (Merulius destructor) greifen tief in das Holz, und die Pflanze entwickelt und ernährt sich mit den Substanzen des Holzes, die am wenigsten trocken sind. Sie braucht, so wie alle Pflanzen, Proteinverbindungen, und schöpft also aus dem Eiweiss des Holzes, aber auch aus der Cellulose und anderen Substanzen, wodurch dieselbe organische Substanz also unmittelbar, nachdem sie ihrer Form verlustig

geworden ist, eine andere Form annimmt. Da haben wir also die eine Pflanze zersetzt und die andere unmittelbar aus den Bestandtheilen der ersteren gebildet. Die Cellulose und das Protein des Holzes werden nicht in Kohlensäure und Ammoniak verwandelt, sondern sie gehen vom Holze direkt in eine neue Organisation über, die Cellulose vielleicht nach vorheriger Umwandlung in Dextrin, oder doch in eine indifferente, halb lösliche Form, welche sie angenommen haben muss, damit ihre Molecüle das Holz verlassen und mit Eiweiss eine neue Zellenreihe für den Merulius destructor bilden [1].

Der Nutzen, den das Sublimat zur Bekämpfung dieser trocknen Fäulniss hat, lehrt aufs Deutlichste, dass eigentliche Fäulniss oder Vermoderung hier nicht bekämpft wird, sondern dass nur der auf der Oberfläche stattfindenden *Verbreitung* der Pflanzen Einhalt gethan wird. Die neue Pflanze verzehrt das Holz, sie wird nicht durch das faulende Holz gebildet oder vermehrt. Wenn dies aufs Deutlichste bewiesen ist, dann hat man in der Bildung und Verbreitung des Merulius destructor und in der Zerstörung des Holzes nicht nur ein Beispiel der Ernährung einer Pflanze durch andere Substanzen, als Kohlensäure und Ammoniak, sondern ein Beispiel der direkten Entstehung einer Pflanze aus organischen Substanzen, ein schönes Beispiel der einfachen Umwandlung der Cellulose und des Proteins aus einem Individuum in ein anderes.

Ich lege auf dieses Beispiel ein grosses Gewicht, und will also noch das Eine und das Andere mittheilen, was in demselben Sinne verstanden werden muss.

Ueber parasitische Pflanzen hat *Unger* [2]) wichtige Beobachtungen mitgetheilt. Die einfachste Form ist der Art, dass das Gefässsystem des Parasiten mit dem der Mutterpflanze anastomosirt. Diese Ernährungsweise des Parasiten lässt keine andere

[1]) Durch die Güte *Faraday*'s hatte ich eine reichliche Gelegenheit, diese Pflanze kennen zu lernen.

[2]) Wiener Archiv für Naturgeschichte, T. 2, 1840.

Erklärung zu, als eine unmittelbare Ernährung durch bereitete Pflanzensäfte. Aber *Unger* beschreibt noch eine Menge anderer Formen, für welche sich die genannte Ernährungsweise nicht bezweifeln lässt.

Für unseren jetzigen Zweck sind namentlich die Parasiten beachtenswerth, deren Gefässe theilweise mit denen der Mutterpflanze anastomosiren (Sarcophyte, Ombrophytum *u. s. w.*); diejenigen, welche einen Wurzelstock bilden, deren Fasern sich an die Mutterpflanze heften (Langsdorfia), diejenigen, welche keinen Wurzelstock haben, sondern eine Menge mit der Wurzelpflanze verbundener Wurzeln (Lathraea squamaria); endlich diejenigen, deren lange Wurzeln sich über oder unter der Rinde der Mutterpflanze verlängern, um auf diese Weise Nahrung aus derselben zu schöpfen (Viscum, Misodendron und die meisten Loranthaceen): eine durch die Pflanze bereitete organische Nahrung und keineswegs Kohlensäure und Ammoniak.

Diese Pflanzen verdienen daher in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit, weil sie als Dicotyledonen ohne *Zweifel* nur durch organische Substanzen ernährt werden, und *somit gleichsam* von selbst den Beweis liefern, dass im Boden *befestigten* Pflanzen die im Boden vorhandene organische Nahrung nicht unzugänglich ist.

Nach *Schwabe* [1]) ernährt sich Boletus destructor auf dieselbe Weise wie Merulius destructor, indem er nämlich seine Nahrung aus dem Holze schöpft, so dass dies also zerfällt. Merulius vastator zieht, wie er glaubt, durch seine Fasern Feuchtigkeit aus der Luft an und bedingt dadurch die Fäulniss des Holzes. Die letztere Ansicht *Schwabe*'s lässt sich aber desshalb nicht vertheidigen, weil das Holz ohne Pilze, wenn es mit Wasser befeuchtet ist, bei weitem nicht so schnell verzehrt wird, wie mit denselben. Auf keinen Fall kann deshalb die Anziehung von Feuchtigkeit die Ursache der Verzehrung des Holzes sein, sondern man muss diese suchen in den Substanzen, welche die Pilze dem Holze entziehen.

[1]) Linnaea 1840, S. 194.

Die Beispiele der Ernährung einiger Pflanzen durch wahrhaft organische Substanzen, die keine Humusbildung erlitten haben, und für welche also viel daran fehlt, dass sie von Kohlensäure und Ammoniak leben sollten, könnten noch mit vielen anderen vermehrt werden [1]. Die aufgezählten mögen aber hinreichen, um den Beweis zu liefern, dass das Wachsthum einiger Pflanzen wirklich durch die Aufnahme organisirter Substanzen bedingt wird, die nur isomorph eine Rückbildung erleiden, sodann aber wieder in höhere Formen umgesetzt werden und neue Zellenreihen bilden.

So wahr diese Thatsachen sind, so wahr ist es auch, dass es auf der anderen Seite wahre atmosphärische Pflanzen giebt, die entweder keine Stütze haben, oder eine solche, aus welcher sie keine organische, auch keine humusartige Nahrung beziehen können, z. B. viele namentlich auf Felsen lebende Flechten, einige Orchideen u. s. w. (vgl. S. 122).

Ist es nun zu verwundern, dass es auch eine dritte Reihe von Pflanzen giebt, die sowohl Kohlensäure und Ammoniak aufnehmen, wie organische Substanzen, humusartige Körper, die gleichsam eine Mittelstufe bilden zwischen organisirten Körpern einerseits und den Bestandtheilen der Atmosphäre auf der anderen Seite (S. 147). Die grösste Zahl der jetzt lebenden Pflanzen gehört dieser dritten Reihe an, und ihre Gegenwart ist bedingt durch die Humusschichte, die in der Periode der Erdbildung, in welcher wir jetzt leben, die Erde an vielen Stellen bis auf eine gewisse Dicke bedeckt. Ehe diese Schichte bestand, waren die jetzt lebenden Pflanzen nicht vorhanden, und wenn diese Schichte einmal durch eine Veränderung der Atmosphäre oder andere Einflüsse verschwinden sollte, dann ist zugleich die grösste Menge der jetzt lebenden Phanerogamen zerstört.

Aus diesem Gesichtspunkte nun scheint die in unserer Zeit so einseitig behandelte Frage, ob die Pflanzen neben Kohlen-

[1]) Vgl. Mater aceti, welche aus Essigsäure und Protein, die in Essig vorhanden sind, gebildet wird, in Scheik. Onderz. Deel I, p. 539.

säure. Wasser und Ammoniak, nebst anorganischen Salzen auch organische Substanzen aus dem Boden schöpfen, einer Auflösung fähig zu sein. Es giebt Pflanzen, die keine organische Nahrung aufnehmen. Es giebt deren, die bloss von dieser leben. Es giebt endlich Pflanzen, die beides thun. Zu diesen letzteren gehören die meisten der jetzt lebenden Pflanzen, vorzugsweise die, welche in Humus befestigt sind.

Ich brauche die Gründe nicht zu entwickeln, die Einige, vorzugsweise *Liebig*, vermocht haben, jene Aufnahme organischer Nahrung durch die Pflanzen gänzlich zu läugnen. Zunächst sind viele Bestandtheile des Bodens fortwährend in Zersetzung begriffen und sie scheinen also nicht vorzugsweise als solche für die Pflanzen erfordert zu werden. Andererseits nehmen wirklich die Pflanzen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak auf, verwandeln diese Substanzen in ihre Bestandtheile, und es scheint also wohl, als ob sie ausschliesslich von denselben leben könnten. Drittens sind die organischen Bestandtheile im Boden meistens in so geringer Menge vorhanden, dass es scheint, als wenn sie in demselben keine wesentliche Bestandtheile ausmachten.

Allen diesen und ähnlichen Scheingründen stehen andere gegenüber, während keiner von den angeführten oder anzuführenden Beweiskraft erlangt hat. Zunächst sehen wir ja keine der jetzt bezeichneten Pflanzen gut gedeihen in Boden, die gar keine organische Substanzen enthalten. Die Menge thut nichts zur Sache, eben so wenig wie der Umstand, dass die Pflanzen nicht ausschliesslich von denselben leben können. Die Menge des Kochsalzes, deren ein Thier bedarf, um am Leben zu bleiben, ist ebenfalls gering, und das Thier kann keinenfalls von Kochsalz allein leben; aber Kochsalz ist dennoch den Thieren unentbehrlich. Ebenso scheinen mir die organischen Bestandtheile des Bodens für die Pflanzen durchaus unentbehrlich. Die Erfahrung hat es gelehrt, und dieser lässt sich nicht widersprechen. Es ist nicht die Frage, ob nicht die Pflanzen durch Condensation der Bestandtheile der Atmosphäre die organischen Stoffe im

Boden anhäufen und so von anorganischen Substanzen leben können. Dies sieht ja nur auf die Endresultate dessen, was in der schaffenden Natur vorgeht. Es steht dem direkt gegenüber, dass dürrer Sandboden manchmal Jahrhunderte braucht, um einige wenige Haidepflänzchen zu bekommen, die dort kümmerlich fortleben, dass aber durch die Einackerung derselben d. h. dadurch, dass man dem Boden organische Substanzen einverleibt, der Boden dazu geeignet wird, dass man mit Vortheil Tannen in demselben säet, dass diese Bäume, indem sie wachsen und ihre Blätter auf den Boden fallen, diesen dadurch für den Anbau von Buchweizen und Roggen tauglich machen, und dass auf diese Weise unsere dürre Veluwe [1]) nach vielen Jahren dadurch, dass dem Boden organische Substanzen, die jährlich vermehrt werden, einverleibt würden, in eine fruchtbare Gegend umzuwandeln wäre.

Wenn also die Haidepflanzen wenig organische Substanzen bedürfen, die Tannen brauchen mehr, und noch mehr der Buchweizen und Roggen, wenn sie üppig gedeihen sollen. Die Sache scheint mir ganz einfach: die Pflanzen schöpfen ihre Nahrung sowohl aus dem Boden, wie aus der Atmosphäre; die Atmosphäre muss einigen die Baustoffe liefern, anderen die Masse zuführen, die deshalb noch keine Baustoffe darstellt. Der Boden muss einige Substanzen für Pflanzennahrung geeignet machen, und wenn die Pflanzen auch die Substanzen aus der Atmosphäre condensiren, es leben doch nur einige durch die Atmosphäre allein.

Wie werthvoll diese kleine Menge organischer Nahrung für die Pflanzen ist, lehrt uns der bloss vegetabilische Dünger. Das Einackern der Wurzeln des letzten Gewächses [2]), der Blät-

[1]) Ein Theil der Provinz Gelderland (Vaalauwe gleich schlechtem Boden), nördlich von der Südersee, östlich vom Yssel, südlich vom Rhein und westlich von der Provinz Utrecht begrenzt. Anm. des Uebers.

[2]) *Boussingault* (l'Institut 1840, p. 205) hat untersucht, wie viel organische Substanzen beim Einackern der übrigbleibenden Wurzeln des vorigen Gewächses dem Boden einverleibt werden. Es sind diese Versuche haupt-

ter der Bäume, das Vermischen mit Sägespänen, vorzugsweise das Besäen der Felder mit Klee, Rübsamen, Luzerne, und das Einackern dieser und noch so viele andere Beispiele können dies zeigen. Die praktische Agricultur lehrt mit Recht, dass organische Substanzen den Boden fruchtbar machen, gleichgültig, was für welche es sind, nur natürlich nicht alle in gleichem Maasse; deshalb lehrt sie uns den thierischen Dünger mit vegetabilischem zu vermischen, um dadurch die Gesammtmasse der organischen Substanzen im Boden zu vermehren; der Gartenbau lehrt uns Lohe, Torf, Kleie und ähnliche Substanzen als ausgezeichnete Nahrung für die Pflanzen kennen, deren Werth ein Jeder aus eigener Erfahrung leicht bestätigen kann. Aus demselben Grunde verdient endlich auch Holzkohle organische Nahrung für die Pflanzen genannt zu werden, weil diese zuletzt auch in organische Nahrung für die Pflanzen verwandelt wird (S. 186).

Die Bedeutung organischer Nahrung ist aber viel zu wenig begrenzt, um dieselbe nicht näher zu erklären. Weit entfernt, dass alle organische Substanzen, *wenn sie nur* löslich sind, eine heilsame Nahrung für die Pflanzen darstellen sollten, lehrt die Erfahrung, dass die Zahl der dazu dienenden

sächlich wichtig, um die Menge des Stickstoffs kennen zu lernen, die auf diese Weise im Boden zurückbleibt, und wenigstens zu einem grossen Theil den Pflanzen des folgenden Gewächses dargeboten werden kann; andererseits um daraus abzuleiten, wie viel Ulminsäure, Huminsäure u. s. w. bei der Zersetzung jener Körper im Boden gebildet werden können.

Auf einem Hectar, auf welchem Buchweizen gebaut war, fand er, dass 1036 Kl. an Stoppeln und Wurzeln eingepflügt waren, von Klee 1547 Kl., von Hafer 650 Kl. Auf diese Weise erhält dann ein Hectar die folgende Menge der folgenden Bestandtheile:

	Von Buchweizen	Klee	Hafer
Kohlenstoff . .	501,4 Kl.	671,4	325,7
Wasserstoff . .	55,0 „	82,0	35,1
Stickstoff . . .	4,2 „	27,9	2,6
Sauerstoff . . .	402,8 „	570,8	253,5
Asche	72,6 „	194,9	33,1.

Dass indess von diesen Bestandtheilen, namentlich vom Kohlenstoff, an die Atmosphäre abgetreten wird, bedarf keiner Erwähnung.

Substanzen sehr gering ist. In dem fünften Kapitel sind sie angedeutet. Es sind, so weit unsere Kenntniss reicht, die Zersetzungsprodukte der meisten organischen Körper, wenn sie mit Luft und Wasser in Berührung sind, namentlich wenn sie durch poröse Substanzen, wie Lehmboden, vertheilt sind. Diese organischen Körper zerfallen alle zuerst in Ulmin, dann in Ulminsäure, darauf in Humin, sodann in Huminsäure; weiter in Geinsäure, darauf in Quellsatz- und endlich in Quellsäure. Mit Ausnahme der ersten und dritten Substanz lassen sie sich alle mit Basen verbinden, und sie können in Wasser löslich werden. Diese, und nach unserer Kenntniss keine andere organische Substanzen werden als Nahrung von den Pflanzen aufgenommen [1]. Sie fehlen aber auch in keinem Boden, und dringen, wie es scheint, alle ohne Unterschied durch die Würzelchen in die Pflanzen ein, um dort wichtige Dienste zu leisten.

Durch diese organischen Säuren wird die grösste Menge, vielleicht alles Ammoniak, das die Pflanzen aus dem Boden aufnehmen, diesen dargeboten. Die Erfahrung hat ja gelehrt, dass Ammoniaksalze ohne diese organischen Säuren den Pflanzen nachtheilig sind, und mit denselben, sei es in Mistjauche oder anderen Düngstoffen, im verwitterten Schaafdünger, im Kühe- oder Taubendünger den Pflanzen sehr nützlich sind [2]. Es ist gleichgültig, was für ein Ammoniaksalz man mit der Dammerde vermischt, nach der Vermischung kann man ausser ulmin-

[1]) *Hermann* hat in *Erdmann*'s und *Marchand*'s Journ. 1845 geantwortet auf das, was ich rücksichtlich seiner Versuche bemerkt hatte (s. oben S. 17); er hat meine Ansicht aber nicht verändert.

[2]) Pflanzlicher und thierischer Dünger sind in vieler Hinsicht für die Pflanzen verschieden. Vor ihrer Zersetzung sind die thierischen Körper oft schädlich, die pflanzlichen meistens unschädlich. *Berzelius* beobachtete, dass Stalldünger und Urin vor der Fäulniss den Pflanzen schädlich waren, während sie sich nach der Fäulniss nützlich zeigten. (*Hlubeck*, die Ernährung der Pflanzen, Prag 1841, S. 40.) Nach *Davy* sind sogar Zucker, Milch u. s. w. in concentrirtem Zustande den Pflanzen schädlich (ibid. S. 40). Die thierischen Substanzen sind aber nicht bloss deshalb für schädlich zu halten, weil sie concentrirt sind, sondern weil sie Substanzen enthalten, welche schädliche Reize für die Pflanzen sind.

saurem, huminsaurem, geinsaurem, quellsatz- und quellsaurem Ammoniak, wenn nur eine hinlängliche Menge verwitterter organischer Substanzen im Boden enthalten war, nichts Anderes absondern, und aus diesem Grunde bereitet die älteste Kunst durch Fäulniss des Düngers jenes Gemenge der fünf genannten Ammoniaksalze, die den Pflanzen unmittelbar zur Nahrung gereichen. Der Harn der Thiere und Menschen, der Guano, und somit der Harnstoff, die Harnsäure oder Hippursäure, oder welche ammoniakbildende Substanz man auch anwenden möge: alle verbinden sich als Ammoniak mit den fünf genannten Säuren des Bodens, bevor sie den Pflanzen zur Nahrung gereichen. Der Russ, der eine so reichliche Menge huminsaures Ammoniak enthält, das Fleisch oder das Blut der Thiere, die so leicht darin übergehen, die Haare, Hörner u. s. w. sind deshalb so ausgezeichnete Nahrungsmittel für die Pflanzen.

Unter den Bestandtheilen der Dammerde giebt es einen, der die Aufmerksamkeit noch nicht erregt hat, und dennoch eine wichtige Rolle spielt in der Umsetzung, welche die in derselben vorkommenden organischen Substanzen erfahren. Wenn nämlich ganz stickstofffreie Körper mit Lehmboden oder Sand, kurz, mit der Substanz vermischt werden, welche die anorganischen Bestandtheile der Ackererde ausmacht, so bieten sie lange Widerstand. Als Beispiel hierfür kann man anführen, wie lange Flachs oder Hanf, Seile, Holz dem Einflusse der Luft und der Feuchtigkeit widerstehen. Wenn die abfallenden Blätter so lange unverändert bleiben müssten, würden sie für das Wachsthum der Pflanzen nicht nützlich sein; sie würden sich nur anhäufen und die Oberfläche des Bodens erhöhen. Indessen sehen wir, dass sie in der Zeit eines Jahres verschwinden und in humusartige Substanzen verwandelt werden.

Nach der Kenntniss, die wir von den Substanzen, welche Fäulniss einleiten, besitzen, kann es nicht zweifelhaft sein, welche Substanzen die Humusbildung fördern; es sind nämlich die sich so leicht umsetzenden organischen Substanzen, wenn sie nur der Feuchtigkeit und einer gewissen Temperatur ausge-

setzt sind, nämlich — wohl verstanden, aus dem Pflanzenreich — die eiweissähnliche Substanz, der Kleber u. s. w.

Nicht nur dass diese Substanzen Ammoniak liefern, sondern sie sind auch dadurch nützlich, dass sie die stickstofffreien Körper, wie Cellulose, Holzsubstanz u. s. w. chemisch umsetzen und in Humussubstanz verwandeln.

Daher bilden auch Sägespäne allein, oder andere stickstoffarme Substanzen, die bisweilen als Dünger benutzt werden, bei weitem nicht so rasch Humus, und sie sind deshalb in gleichem Verhältnisse für das Wachsthum der Pflanzen weniger nützlich, als wenn man zugleich Proteinverbindungen, wie Wolle, Haare u. s. w. zu den Sägespänen zusetzt.

Indem diese Substanzen in der Umsetzung begriffen sind, unterhalten sie die Thätigkeit der Wurzelfasern, die mit den in Umwandlung begriffenen Substanzen in Berührung sind (S. 148), und die chemische Thätigkeit der Bestandtheile der Dammerde wird auf die der Würzelchen übertragen.

Diese Thatsache verdient jetzt um so mehr Beachtung, weil man von dem Principe ausgeht, dass gebildetes Ammoniak den Pflanzen mit gleichem Nutzen dargeboten werden kann, wie Ammoniak in statu nascenti, was indess der Erfahrung widerspricht.

Die Frage ist nun, ob diese organischen Substanzen nur dazu dienen, um, fortwährend im Zustande der Fäulniss, Kohlensäure und Ammoniak zu geben, und dadurch den Pflanzenwürzelchen einen Anstoss zur chemischen Thätigkeit, eine Veranlassung zum Stoffwechsel zu geben, oder aber ob die organischen Bestandtheile des Bodens wirklich von den Pflanzen aufgenommen werden. Ueber diesen Gegenstand hat man in neuester Zeit viel gestritten [1]), und, wie mir scheint, zum Theil

[1]) *Liebig*, die org. Chemie in ihrer Anw. auf Agricultur und Physiologie.
Schleiden, Wissensch. Botanik.
Winkelblech, über *Liebig*'s Theorie der Pflanzenernährung.
Schleiden, offenes Sendschreiben an Dr. Justus Liebig 1842.
De Saussure, über die Ernährung der Pflanzen, Ann. d. Chem. und Pharm. Juni 1842, S. 275.
Hugo Mohl, Dr. *Justus Liebig*'s Verhältniss zur Pflanzenphysiologie.

einen Wortstreit geführt. Die Wissenschaft hat wenigstens nicht viel dabei gewonnen, weil nur wenige neue Thatsachen dadurch zu Tage gefördert sind. Nach den Versuchen von *de Saussure* nehmen die Pflanzen wirklich humussaure Alkalien auf. Ich lasse hier einen seiner Versuche folgen (Ann. d. Chem. und Phys., Juni 1842, S. 278). Die Wurzel einer Gartenbohne wurde in eine Röhre von 22 M. M. im Durchmesser, die 150 M. M. hoch war, gebracht, die eine Auflösung von 0,070 humussaurem Kali in Wasser enthielt, in welcher 18 Milligr. Humussäure enthalten sind. Nach 14 Tagen war das Gewicht der Pflanze von 11 Gramm. auf 17 Gramm. gestiegen; sie hatte 135 Gramm. an Flüssigkeit aufgenommen, weshalb täglich die aus der Röhre verschwundene Flüssigkeit durch destillirtes Wasser angefüllt wurde. Die Flüssigkeit war klar geblieben. Die Pflanze hatte ihre Wurzel bis auf den Boden der Röhre fortgesetzt. Die Wurzel war weiss, die Flüssigkeit viel weniger gefärbt. Nach Verdunstung der Flüssigkeit war 0,020 huminsaures Kali übrig, in welchem 9 Milligr. Humussäure und also die Hälfte des ursprünglich Verbrauchten enthalten war, während die andere Hälfte verschwunden war [1]).

Aus diesem und anderen Versuchen hat *de Saussure* geschlossen, dass Humussäure in löslichem Zustande mit Alkalien verbunden wirklich vermindert, wenn in diesen Lösungen Pflanzen wachsen. Allein hieraus folgt erstlich nicht, dass die Pflanzen dadurch allein genährt worden sind. Die Menge der organischen Bestandtheile, 9 Milligr. bei einer Zunahme des Gewichts der wasserhaltigen Pflanze um 6 Gramm., in dem erwähnten *de Saussure*'schen Versuch ist sehr gering für die Zeit von 14 Tagen. Die Kohlensäure und das Ammoniak der Atmosphäre, die durch die Flüssigkeit absorbirt wurden, mögen auch das Ihrige dazu beigetragen haben, der Pflanze die festen Be-

[1]) *Hartig* und später *Unger* (Flora, 1842) haben behauptet, dass humussaures Kali den Pflanzen schädlich sei. Wäre dies der Fall, so wäre die jetzige Vegetation der Erdoberfläche unmöglich. Es ist unbegreiflich, dass bei solchen Resultaten von Versuchen das Mangelhafte der Versuche nicht deutlich ans Licht kommt.

standtheile zuzuführen, welche aus dem Versuche, wie ihn *de Saussure* angestellt hat, nicht mit Wahrscheinlichkeit geschätzt werden können, aber doch mehr als 9 Milligr. betragen haben mögen. Zweitens folgt aus der Verminderung des löslichen Humus nicht, dass dieser von den Pflanzen unverändert aufgenommen ist; er kann sehr wohl zersetzt, z. B. in Kohlensäure verwandelt worden und in dieser Form den Würzelchen der Pflanzen dargeboten sein. Grade dieser Punkt musste untersucht werden; man musste erforschen, ob die Pflanzen wohl andere Nahrungsmittel aufnehmen können als Kohlensäure und Ammoniak. Dass man angegeben hat, kohlensaures Ammoniak sei für die Pflanzen kein Nahrungsmittel, kann hier nichts beweisen. Etwas zu viel Ammoniak kann sogar für die Pflanzen schädlich sein. Es ist aber überdies für das Wachsthum der Pflanzen nöthig, dass ein Theil der angebotenen Nahrungsmittel in statu nascenti als Kohlensäure und Ammoniak den Würzelchen der Pflanzen dargeboten werden. Endlich kann die Gegenwart organischer Substanzen im Boden für einige Pflanzen entbehrlich, für andere durchaus unentbehrlich sein.

Auf diese Weise könnte man gegen ähnliche, wie die von *de Saussure* angestellten Versuche Bedenken erheben, die deshalb nicht völlig zu beseitigen sind, weil es nicht möglich ist, die Humussäure in den Wurzeln der Pflanzen nachzuweisen.

Zu den oben erwähnten Versuchen *de Saussure*'s können wir noch andere von *Wiegmann* hinzusetzen, welche die Wichtigkeit organischer Nahrung für das Wachsthum der Pflanzen beweisen [1]).

Samen von Nicotiana, Tabacum und Lupinus luteus wurden in Töpfe gesäet, von denen der eine künstliche Erde, keine organische, aber alle für die Pflanze erforderliche anorganische Bestandtheile enthielt, während im anderen Gartenerde enthalten war. Ersteren befeuchtete er mit kohlensaurem Wasser, letzteren mit Regenwasser. In der Gartenerde keimten die Samen

[1]) Bot. Zeitung, 24. Nov. 1843.

früher und gaben besser entwickelte Pflanzen; sie lebten auch länger.

Bei ähnlichen Versuchen mit künstlich aus anorganischen Bestandtheilen bereiteter Erde oder mit reinem destillirtem Wasser einerseits, andererseits mit Humusextract oder einer humosen Erde angestellt, erhielt *Wiegmann* stets dieselben Resultate für Calluna vulgaris, Mentha crispa, Polygonum fagopyrum, Lychnis flos cuculi, Parnassia palustris, Cardamine pratensis.

Diese Versuche lassen aber ebenso wie die *de Saussure*'schen noch die Frage unentschieden, ob diese organische Nahrung nicht vorher in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zersetzt worden ist, und es nicht eigentlich diese Substanzen sind, welche den Pflanzen zur Nahrung gereichen.

Als indirekte Beweise, dass die Pflanzen wirklich humussaure Salze aufnehmen müssen und diese auch assimiliren, d. h. dass aus den mit Kali und anderen Basen, namentlich aber mit Ammoniak verbundenen Humussäuren des Bodens pflanzliche Stoffe gebildet werden, können die folgenden Gründe angeführt werden.

1⁰ Die Pflanzen nehmen allerlei Salzlösungen aus dem Boden auf, und diese gehen in ihre Substanz ein; sie assimiliren die Salze, z. B. den kohlensauren Kalk, die kohlensaure Bittererde, Sulphate, Chlorurete, Silikate u. s. w. Es ist also kein Grund vorhanden, weshalb sie nicht auch die humussauren Salze, die stets in der Ackererde vorkommen, aufnehmen sollten.

2⁰ Es werden sogar Auflösungen von Giften von den Pflanzen aufgenommen.

3⁰ Gefärbte Flüssigkeiten können durch die ganze Pflanze aufsteigen und die Pflanzen künstlich färben, wenn der Farbstoff nur fein genug vertheilt ist, um die Zellenmembranen zu durchsetzen.

4⁰ Wenn die dunkelgefärbten Humate von den Pflanzen aufgenommen werden, was sowohl nach den Versuchen, wie nach 1, 2 und 3 wahrscheinlich ist, so muss die Pflanze durch die dunkle Farbe der Humate gefärbt werden, oder wenn dies

nicht geschieht, so muss das humussaure Ammoniak u. s. w. zersetzt und die Elemente desselben von der Pflanze assimilirt werden; nun sieht man aber nie, dass die Pflanzen durch Humate gefärbt werden; in den weissen Würzelchen der Pflanzen sieht man sogar keine Spur derselben, während viele Farbstoffe, in welchen man Pflanzen wachsen lässt, wohl in denselben zu sehen sind.

5⁰ Die Mater aceti, eine Pflanze, von der wir unten handeln werden, und die oben von S. 689 bis S. 692 aufgezählten Pflänzchen werden gewiss nicht durch Kohlensäure und Ammoniak genährt, sondern durch gelöste vegetabilische Nahrungsmittel. Wenn für eine Pflanze die Entstehung aus organischen Substanzen nachgewiesen ist, ist sie für andere Pflanzen wahrscheinlich.

Einige dieser Punkte verdienen eine nähere Betrachtung.

Was den ersten, zweiten und dritten betrifft, so haben wir oben gesehen, dass allerlei Salze von den Pflanzen aufgenommen werden, und wenn nach *Trinchinetti* und Anderen nicht alle in gleichem Maasse durchgelassen werden, — wie dies freilich durch Membranen nie geschieht — so wird doch keines ausgeschlossen.

Folgende Versuche *Payen*'s über die Absorption der Gerbsäure verdienen besonders unsere Aufmerksamkeit, weil sie eine organische Substanz ist; denn wenn diese für eine solche organische Substanz wie die Gerbsäure erwiesen ist, dann wird man sie für die fünf organischen Säuren des Bodens schwerlich läugnen können.

Da *Payen* [1]) beobachtet hatte, dass selbst eine sehr verdünnte Auflösung von Gerbsäure den Pflanzen nachtheilig ist, so hat er die Spongiola näher auf Stickstoff untersucht und gefunden, dass sie stets eine reichliche Menge desselben enthalten, so dass sie bei trockner Destillation eine ammoniakalische Flüssigkeit geben, während die Radicellen, wenn sie der äus-

[1]) Mém. sur les développements des végétaux, p. 7.

sersten Spitzen beraubt waren, selbst am Ende so wenig stickstoffhaltige Substanzen enthielten, dass sie bei trockner Destillation eine saure Flüssigkeit geben, und demnach nicht so viel Ammoniak lieferten, dass es nicht von der gebildeten Essigsäure übersättigt geworden wäre. Diese saure Reaction war um so stärker, je weiter der untersuchte Theil vom untersten oder jüngsten Ende der Wurzelfasern entfernt war.

Wenn man dies in Zusammenhang bringt mit der Reaction der Gerbsäure auf die jüngsten Wurzelspitzen, die dadurch alle bald braun werden, so lernen wir daraus, dass in den äussersten Wurzelspitzen ein organischer stickstoffhaltiger Körper enthalten ist, wodurch bewiesen wird, dass dieser dort aus der dargebotenen Nahrung entsteht. Zugleich aber lernen wir daraus, dass die den Pflanzen dargebotene Gerbsäure wirklich in die Zellen der Wurzelfasern eintritt.

Viele Rosaceen, die in ihren Blättern, Stengeln und sogar in ihren Wurzeln Gerbsäure enthalten, erlitten in ihren Wurzelfasern denselben schädlichen Einfluss von einer verdünnten Gerbsäurelösung, wie gerbsäurefreie Pflanzen. *Bei trockner* Destillation gaben sie auch viel Ammoniak, und *sie sind* also gleichfalls mit einem Ueberschusse eines *stickstoff*haltigen Körpers betheiligt.

Die den Pflanzen dargebotene organische Nahrung muss also, wenn sie auch wirklich in die Wurzelfasern eindringt, vom ersten Eintritte an verarbeitet und in löslicher Form weiter geführt werden.

An Wasserwurzeln und Luftwurzeln erhielt *Payen* dieselben Resultate [1]).

Diese Versuche von *Payen* scheinen mir sehr wichtig. Sie

[1]) Durch salpetersaures Quecksilberoxydul wurde die stickstoffhaltige Substanz geröthet; durch kochendes Wasser wurde sie undurchsichtig und weiss; in Kali ist sie löslich, und wenn sie hierdurch aus dem Gewebe ausgezogen wird, so hat dieses dadurch keine sichtbare Veränderung erlitten. Sie scheint also keinen wesentlichen Bestandtheil des Gewebes der Wurzelspitzen zu bilden.

lehren, dass die den Pflanzen dargebotene Gerbsäure wirklich auf das Protein der jugendlichsten Wurzelzellen einen solchen Einfluss ausübt, dass diese dadurch gerbsaures Protein, das sich bald bräunt, erhalten. Diese Einwirkung, diese Verbindung kann nicht zu Stande kommen, wenn die Gerbsäure nicht durch die Zellenwände bis in den Zelleninhalt der Wurzelfasern durchgedrungen ist, d. h. wenn diese organische Substanz nicht von den Pflanzen aufgenommen ist. Wenn dies nun aus diesem Versuch für schädliche organische Substanzen hervorgeht, so wird man es für die natürlichen Bestandtheile des Bodens wohl erschliessen dürfen.

Es wäre doch auch wirklich gar zu sonderbar, wenn organische Bestandtheile des Bodens durchaus nicht in organische Körper eindringen könnten, und es nur eine Eigenschaft anorganischer Körper wäre, dass sie pflanzliche Membranen (Zellenwände) durchdringen. Ich würde meine Leser um Entschuldigung bitten müssen, dass ich sie bei diesen Beweisen aufhalte, wenn nicht sehr Viele, einem unerwiesenen Ausspruche *Liebig's* zufolge, diese Ansicht vertheidigten, wenn nicht viele Schriftsteller, wie von einem mächtigen Strome fortgerissen, ohne, wie es scheint, jemals einen Augenblick über diesen Gegenstand gedacht zu haben, blind denselben Satz zurückgäben, und dies mit einer Anstrengung, als wenn sie die ewigen Wahrheiten der Natur durch ihre lauten Stimmen verstummen machen oder in Trugsprüche verwandeln wollten.

Wenn man darauf bestehen will, der Beweis für die wirkliche Absorption der humussauren Salze sei nicht geliefert, dann zeigt man dadurch, dass man sich hinter der Unmöglichkeit verschanzt für solche Dinge einen direkten Beweis zu liefern. Wenn es wahr ist, dass die schweflichte Säure in einer Schwefelsäurefabrik zur Bildung der Schwefelsäure beiträgt, dann ist es auch wahr, dass die organischen Substanzen des Bodens das Wachsthum der Pflanzen fördern.

Dass die humussauren Salze nicht ebenso wie die Gerbsäure in der Pflanze nachgewiesen werden können, ist der

Schnelligkeit zuzuschreiben, mit welcher diese Stoffe, sowie sie in die Pflanzen eintreten, zersetzt werden, also der Bildung neuer Körper. Da nun die humussauren Salze eine allgemeine Nahrung für die Pflanzen sind, müssen sie nothwendiger Weise in jeder Pflanze besondere Substanzen erzeugen, die von den humussauren Salzen in gleicher Weise verschieden sind, wie die Nahrung sich von den Nahrungsprodukten unterscheidet. Grade deshalb, weil sich keine Ulmate, Apocrenate u. s. w. in den Pflanzen finden, darf man sie Nahrungsmittel der Pflanzen nennen, während sie diesen Namen vielleicht nicht verdienen würden, wenn man sie unverändert in denselben wiederfände.

Aus den angeführten Thatsachen lässt sich also schliessen, dass die Pflanzen aus dem Boden wohl Kohlensäure und Ammoniak aufnehmen, dass aber die in Wasser und Alkalien löslichen organischen Salze von den Pflanzen ebenfalls aufgenommen und in den Pflanzen umgesetzt werden können. Eben deshalb ist auch das Ammoniak so geeignet, die Fruchtbarkeit zu fördern; es wird durch seine grosse Neigung, sich in der Ackererde zu condensiren, in der Humusschichte fixirt; dies geschieht in kleinen Theilen, indem die Pflanzen das gebildete ulminsaure, geinsaure, huminsaure, quellsatzsaure, quellsaure Ammoniak, Kali u. s. w. jedesmal aufnehmen; weshalb eine Erde, die an Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure reich ist, nur wenig Ammoniaksalz an das Wasser abtreten kann. Allein deshalb ist auch thierischer Dünger, bestimmter: Harn, Fleisch u. s. w. so werthvoll für die Vegetation, weil sie neben Ammoniak den Pflanzen auch Huminsäure darbieten.

Es ist hier der Ort, die Aufmerksamkeit zu lenken auf einen wichtigen Nutzen der organischen Bodenbestandtheile in Verbindung mit Ammoniak. Es steht nämlich fest, dass in den Pflanzen organische Gruppen häufig umgesetzt und in andere verwandelt werden. Wenn nun zu den Nahrungsmitteln bereits solche organische Gruppen gehören, so kann leichter eine complexe Verbindung aus denselben entstehen, als wenn diese aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak gebildet werden muss.

Wir finden nun aber in den äussersten Wurzelzellen Protein; dieses wird unmittelbar aus der dem Boden entnommenen Nahrung gebildet. Abstrahiren wir von den Gespenstern, die man hier so gerne einführt, so bleibt uns als thätige Ursache in den äussersten Wurzelzellchen nur der Einfluss von Substanzen auf Substanzen übrig. Wenn wir weiter ein allgemein anerkanntes Princip aus dem Stoffwechsel des Pflanzenreichs einführen, nämlich ein Streben, Sauerstoff aus den Verbindungen auszuscheiden, so kann man sich von der Entstehung dieses Proteins aus Huminsäure und Ammoniak eine Vorstellung bilden, die nicht weit von der Wahrheit entfernt sein kann, ohne dass ich sie indess für ausgemacht halten darf, da ich bis jetzt nicht gesehen habe, dass sich auf diese Weise Protein bildete.

Aus 1 Aeq. Huminsäure, 4 Aeq. Wasser und 5 Aeq. Ammoniak könnte nämlich 1 Aeq. Protein gebildet werden, unter Ausscheidung von 4 O.

	C	H	N	O
1 Aeq. Huminsäure . .	40	24		12
5 „ Ammoniak . .		30	10	
4 „ Wasser . . .		8		4
1 „ Protein . . .	40	62	10	12
4 „ Sauerstoff . .				4.

Wenn nun wirklich eine Absorption von huminsaurem Ammoniak stattfindet und die Elemente desselben in den Pflanzen wirklich umgesetzt werden, so verdient die angegebene oder eine ähnliche Umsetzung wirklich Erwägung.

Noch einfacher lässt sich die Bildung der sogenannten indifferenten Substanzen, aus welchen die grösste Masse der Pflanzen besteht, erklären, nämlich die der Cellulose, des Stärkmehls, des Gummis und des Zuckers.

Nehmen wir das Stärkmehl $C^{12} H^{20} O^{10}$ als Beispiel. Wenn dies aus Huminsäure entstehen soll, braucht nur einfach Wasser gebunden zu werden, da beide Substanzen $H^2 O$ im Wasserbildungsverhältnisse enthalten. Da der Eintritt der fünf organischen Säuren des Bodens in den Pflanzen erwiesen ist, so kann man in

der That mit grösserer Wahrscheinlichkeit der Bildung vieler Pflanzenstoffe auf die Spur folgen, als dies für viele organische Körper ausser den Pflanzen jetzt möglich ist.

Dass indess bei dieser Umsetzung bisweilen eine mehr complexe Verwandlung der Substanz stattfindet, lässt sich nicht bezweifeln. Ueberdies müssen die Quellsäure und Quellsatzsäure, die in Verbindung mit Ammoniak und anderen Basen in Wasser lösliche Salze bilden und also von den Pflanzen aufgenommen werden müssen, in Rechnung gezogen werden, und das für die Entstehung des Proteins gebildete Schema erfordert aus diesem Grunde eine eben so grosse Vorsicht, bevor man es annimmt, wie das jetzt angenommene Schema für die Zersetzung des Amygdalins unter dem Einflusse des Emulsins.

So viel darf ohne Zweifel angenommen werden, dass wir, wenn wir ausschliesslich unsere Aufmerksamkeit der Kohlensäure und dem Ammoniak zuwenden wollen, Hülfsmittel der Natur zur Erhaltung der Pflanzen verkennen, welche die Erfahrung über jeden Zweifel erhoben hat.

Die verschiedene Nahrungsfähigkeit verschiedener Boden hängt unzweifelhaft zum grossen Theile davon ab, ob Ulminsäure, Huminsäure oder Geinsäure vorherrscht. Der an Humus so reiche Torf ist für die Pflanzen eine schlechte Nahrung; dennoch ist er Ulminsäure oder Huminsäure. Wenn er fault und durch seine Fäulniss, durch die Bildung von Kohlensäure den Pflanzen nützlich wäre, so müsste Torf eine sehr gute Nahrung für die Pflanzen sein, allein, oder mit stickstoffhaltigen Körpern vermischt. Allein der Torf, obgleich er Ammoniak condensirt, ist dies nicht, woraus also folgt, dass weder bloss Kohlensäure und Ammoniak immer hinreichen, noch auch jede Art von Humussäure eine für die Pflanzen geeignete Nahrung ist.

Was die unlöslichen organischen Substanzen der Ackererde, das Humin und Ulmin betrifft, so werden sie unter dem Einflusse fortwährender Zersetzung allmälig in lösliche Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatz- und Quellsäure (Kap. V) verwandelt. Wenn man nämlich Ackererde gut mit Wasser

auswäscht und sie einige Zeit aufbewahrt, so lassen sich durch Wasser wieder Substanzen ausziehen, und es ist Ammoniak aufgenommen worden.

Zu allen diesen Bemerkungen muss ich endlich noch diese hinzusetzen, dass ich öfters in feuchtem huminsaurem Ammoniak sehr rasch Schimmelpflänzchen habe entstehen sehen, und dass diese Substanz also vor vielen anderen geeignet ist, die Vegetation zu unterstützen, — wobei für jetzt dahin gestellt sei, auf welche Weise dies geschieht; — dass seine Gegenwart im Boden also auf keinen Fall für das Wachsthum der Pflanzen gleichgültig ist.

Wenn man die chemische Zusammensetzung jener Pflanzen verfolgt, die aus der Ackererde keine Nahrung entnehmen können, so fehlen darin eine grosse Menge stickstoffhaltiger Substanzen; z. B. in vielen Flechten. Da diese nun doch auch Kohlensäure und Ammoniak aus der Atmosphäre aufnehmen können, so wird hierdurch die Behauptung unterstützt, dass der Stickstoff, wenn er den Pflanzen auch in der Regel als Ammoniak geboten wird, nicht als kohlensaures Ammoniak, sondern als huminsaures Ammoniak oder als quellsaures oder quellsatzsaures Ammoniak den Pflanzen dargeboten wird.

Hinsichtlich der Nahrungsfähigkeit der verschiedenen Bodenbestandtheile habe ich einige Versuche angestellt [1]). Es ist aber schwer, Versuche anzustellen, um zu untersuchen, ob die organischen Bodenbestandtheile als solche von den Pflanzen aufgenommen werden. Diese Schwierigkeit liegt namentlich darin, dass man den zu den Versuchen benutzten Pflanzen nur schwer gleiche Nahrungsmengen darbieten kann, und wenn man zu viel oder zu wenig anwendet, keine Resultate erhält, die sich unter einander vergleichen lassen.

In ein nicht bewohntes verschlossenes Zimmer, in welchem keine Ausdünstungen stattfanden, wurden einige gleich grosse Gläser neben einander gestellt; in die fünf ersteren wurde gut

[1]) *Scheik. Onderz.* Deel II, p. 190.

ausgewaschener grober Sand gethan, in alle folgenden ein Gemenge desselben Sandes mit 1% gewöhnlicher Holzasche, und mit Ausnahme der ersteren und zweiten Reihe verschiedene Bestandtheile des Bodens, deren Untersuchung wichtig war, und zwar wurde jedem Glase bis auf 5% des Gemenges zugesetzt. Die Substanzen wurden mit rein destillirtem Wasser befeuchtet und feucht erhalten.

In je fünf der Gläser wurden gesäet:

1) braune Bohnen;
2) weisse Bohnen;
3) grüne Erbsen;
4) Gerste;
5) Hafer.

Nach einem Monate, vom 16. Mai bis zum 16. Juni, wurde Folgendes als Resultat der Entwicklung der genannten Samen verzeichnet:

1) Sand und Regenwasser. Die Samen waren sehr mangelhaft aufgegangen. Die Pflänzchen waren kaum einen Fuss hoch gewachsen; nach einem Monat waren fast alle verwelkt.

2) Sand und Asche und Regenwasser. 1 nicht aufgegangen, 2 sehr zurückgeblieben, 3 ziemlich gut entwickelt, 4 sehr mangelhaft, 5 etwas besser, aber doch mangelhaft.

3) Sand und Asche und Ulminsäure aus Zucker und destillirtes Wasser. 1 mangelhaft, 2 ziemlich, 3 sehr gut, 4 nicht aufgegangen, 5 sehr gut.

4) Sand und Asche und quellsatzsaures Ammoniak aus Zucker und destillirtes Wasser. Es hatte keins gekeimt ausser 5, und auch dies nur sehr kümmerlich.

5) Sand und Asche und huminsaures Ammoniak aus Gartenerde (ammoniakales Humusextract) und destillirtes Wasser. Nicht aufgegangen.

6) Sand und Asche und Huminsäure aus Gartenerde und destillirtes Wasser. 1 sehr schön gewachsen,

2 nicht aufgegangen, 3 unvollständig entwickelt, 4 nicht aufgegangen, 5 ziemlich gut entwickelt.

7) Sand und Asche und wässeriges Humusextract und destillirtes Wasser. 1, 2, 3 und 5 nicht aufgegangen, 4 mangelhaft.

8) Sand und Asche und ulminsaures Ammoniak aus Zucker und destillirtes Wasser. 1, 2, 3 und 5 sehr schön entwickelt, 4 mangelhaft.

9) Sand und Asche und huminsaures Ammoniak aus Torf und destillirtes Wasser. 1, 2, 3 und 5 sehr schön entwickelt, 4 nicht aufgegangen.

10) Gewöhnliche Erde in Gefässen derselben Grösse und destillirtes Wasser. Alles durchaus dem vorigen Versuche gleich.

11) Ausgeglühte und grob gepulverte Holzkohle, Asche und destillirtes Wasser. Alles aufgegangen, aber viel weniger entwickelt als in den drei letzten Versuchen.

Wenn wir die Resultate dieser Versuche betrachten, und die Substanzen, die, gleichgültig aus welcher Ursache, für die Keimung schädlich waren (Vers. 4 und 5), so ergiebt sich:

a) dass Regenwasser und atmosphärische Luft für die Pflanzen keine hinreichende Nahrung abgeben; die anorganischen Stoffe fehlen;

b) dass Regenwasser und Asche und atmosphärische Luft gleichfalls unzureichend sind;

c) dass das wässrige Humusextract zu wenig organische Substanzen enthält, um den Pflanzen zu geben was sie brauchen;

d) dass Ulminsäure aus Zucker wirklich für das Wachsthum der Pflanzen vortheilhaft ist, wenn sie auch keinen Stickstoff enthält;

e) dass Huminsäure aus Gartenerde für das Wachsthum der Pflanzen recht nützlich ist;

f) dass ulminsaures Ammoniak aus Zucker sowohl, wie huminsaures Ammoniak aus Torf die Entwicklung der Pflanzen fördere;

g) dass endlich Holzkohle und Asche die Pflanzen nicht so gut wachsen lassen, wie Ackererde oder die unter e) und f) genannten Substanzen.

Zu allen oben und S. 181 für den Nutzen der organischen Bodenbestandtheile angeführten Gründen setze ich noch einen hinzu, der von der höchsten Wichtigkeit ist: nämlich die Ammoniakbildung aus den Bestandtheilen der Atmosphäre, eine Verbindung der Elemente der Atmosphäre, die ohne das Wachsthum der Pflanzen träge geschieht, aber vom Pflanzenwachsthum unterstützt in den ulmin- und huminartigen Körpern grade kräftig stattfindet. Der folgende Versuch lehrt dies auf überzeugende Weise; er wurde mit Bohnen angestellt, die in einer ammoniakfreien Atmosphäre in ammoniakfreier, aus Zucker entstandener Ulminsäure und in Holzkohle, die beide mit ammoniakfreiem destillirtem Wasser befeuchtet wurden, gekeimt und aufgewachsen waren. Zu der Ulminsäure und zu der Kohle war $\frac{1}{100}$ Holzasche gesetzt, um den keimenden Pflänzchen anorganische Substanzen zu bieten (*Scheik. Onderz.* D. II, p. 185). Die Resultate waren die folgenden; als Ausgangspunkt wurde von drei Bohnen der Stickstoff bestimmt, und ebenso von den Pflänzchen, die aus drei anderen Bohnen entstanden waren:

	Weisse Bohnen in Ulminsäure.	Stickstoff.	Braune Bohnen in Holzkohle.	Stickstoff.
Bohnen .	1,465	50 C. C.	1,277	27 C. C.
Pflänzchen	4,167	160 C. C.	1,772	54 C. C.

Die weissen Bohnen hatten also, indem sie sich in stickstofffreien Substanzen und in einer ammoniakfreien Atmosphäre entwickelten, mehr als das Dreifache des Stickstoffs bekommen, der ursprünglich in denselben enthalten war; die braunen Bohnen das Doppelte.

Unter den Gründen, aus welchen *Ingenhouss* und nach ihm *Liebig* glauben, dass keine organische Substanzen als solche von den Pflanzen aufgenommen werden können, giebt es einen, der eine nähere Betrachtung verdient und oben schon erwähnt wurde. Sie glauben nämlich, dass die humusartigen Bestand-

theile des Bodens durch Aufnahme von Sauerstoff gänzlich in Kohlensäure verwandelt werden, und also den Pflanzen keine organische Substanzen darbieten können. Diese Thatsache habe ich nirgendwo durch Versuche oder Beobachtungen bestätigt gefunden, und nichts spricht dafür, dass die organischen, in Wasser löslichen Salze, ulminsaures, huminsaures, geinsaures, quellsatzsaures und quellsaures Ammoniak, Kali, Natron u. s. w., nicht zugleich sowohl in Kohlensäure zersetzt wie theilweise durch die Wurzeln der Pflanzen sollten aufgenommen werden können. Das Eine schliesst ja das Andere nicht aus.

Die Gründe, welche aus *de Saussure*'s Beobachtung vorgebracht werden können, dass eine Ackererde so viel Kohlensäure giebt, wie sie Sauerstoff aufnimmt, sind meiner Meinung nach werthlos. Zunächst ist S. 181 angeführt, dass *de Saussure*'s Versuche nicht richtig sein können. Zweitens hat die Erfahrung jene Versuche nicht bestätigt. Es folgen hier einige derselben, aus welchen sich eine negative Antwort auf die vorgestellte Frage ergeben hat. Sie wurden angestellt mit Ackererde, ulminsaurem Ammoniak (aus Zucker bereitet, mit Ammoniak gesättigt und zur Trockne abgedampft) und mit quellsatzsaurem Ammoniak (durch Salpetersäure aus Ulminsäure bereitet und mit Ammoniak gesättigt).

Die Ackererde, mit einer reichlichen Menge organischer Substanzen versehen, die indess gänzlich humificirt waren, wurde ebenso wie die beiden anderen Substanzen mit etwas Wasser befeuchtet, die beiden letzteren mit ihrem achtfachen Gewicht gut ausgewaschenen Quarzsandes vermengt. Jedes Gemenge wurde in eine umgekehrte tubulirte Glocke auf eine Schaale gestellt, und die Glocke mit einer Glasplatte luftdicht geschlossen. Im Halse der Glocke wurde eine offene Röhre luftdicht befestigt, und das untere Ende der Röhre in Quecksilber gestellt und dadurch abgesperrt. Im Monat August wurde das Ganze bei 17° C und 745,7 M. M. sich selbst überlassen.

Nach 14 Tagen sah man in allen Apparaten das Quecksilber in der Röhre schon steigen, was nicht hätte stattfinden kön-

nen, wenn nicht mehr Sauerstoff absorbirt, als Kohlensäure gebildet worden wäre. Dieses Aufsteigen des Quecksilbers dauerte stets fort, und nach drei Monaten war es in der Ackererde schon auf 1 D. M. gestiegen, in anderen etwas weniger. Durch einen Zufall konnten diese Versuche nicht fortgesetzt werden, aber an der Ackererde ergab sich im Juli des folgenden Jahres, also in einer Zeit von 11 Monaten, unter denen drei strenge Wintermonate waren, ein Aufsteigen des Quecksilbers bis auf eine Höhe von 166 M. M., bei 16° und 754 M. M. Als Aetzkali in die Röhre gebracht wurde, nahm das Volumen der Luft um 20 M. M. ab.

Ich lege grossen Werth auf diesen Versuch. Zunächst fällt dadurch der schon oben S. 181 bezweifelte Satz *de Saussure*'s, dass die Ackererde zwar Sauerstoff aufnimmt, aber eben so viel Kohlensäure dafür abgiebt, und es geht im Gegentheil aus demselben hervor, dass stets Sauerstoff von der Ackererde absorbirt wird.

Die Sauerstoffmenge, die bei einer sehr kleinen Quantität von Ackererde (ich schätze die in der gebrauchten Menge vorhandenen organischen Substanzen auf 3 — 4 Gramm, und das Volumen der Glocke auf 3 Litres) also absorbirt ist, ist in der That erstaunlich gross. 166 verhält sich ja zu 745 = 1 : 4, 5, so dass, wenn kein Stickstoff absorbirt wäre, fast aller Sauerstoff condensirt und nur wenig Sauerstoff an die Stelle getreten sein würde.

Ich komme auf diese Versuche, die ich wiederhole, später zurück; sie werden eine gute Gelegenheit bieten, die Condensation des Stickstoffs in der Ackererde noch näher zu bestätigen.

Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, durch die Wurzeln oder die Blätter zugeführt, als Nahrung der Pflanzen betrachtet.

Nach dem Obigen wird man es für erwiesen halten dürfen, dass die Pflanzen, die in der Ackererde wurzeln, aus dieser organische und anorganische Salze schöpfen, und dass es unwahr

ist, wenn *Thomson* schreibt (Ann. d. Chem. und Pharm., Mai 1845, S. 234): „*Liebig* hat, wie bekannt, das Irrige der Meinung, „dass der Humus bei dem Ernährungsprocesse der Pflanzen von „Einfluss sei, nachgewiesen, und diesen Punkt durch eine „Reductio ad absurdum erledigt.“ Wir haben jetzt drei andere, für das Wachsthum der Pflanzen wichtige Körper zu betrachten, nämlich die Kohlensäure, das Ammoniak und das Wasser.

Was letzteres betrifft, so ist darüber zur Genüge im IV. Kap. gehandelt. Es giebt aber noch einen Gesichtspunkt, aus welchem das Wasser mit Rücksicht auf das Wachsthum der Pflanzen betrachtet werden muss, nämlich nicht, ob es Substanzen auflöst und den Pflanzen als Nahrung darbietet, nicht ob es die Grundbedingung des Stoffwechsels in den Pflanzen darstellt und verschiedene Verbindungen mit neugebildeten Substanzen eingeht, und sich von anderen trennt, sondern ob es selbst während der Vegetation zersetzt wird oder nicht.

So wie die Frage hier ausgedrückt ist — und so trägt man sie in der jetzigen Wissenschaft vor — lässt sie sich nicht beantworten. Dass aber die Elemente des Wassers mit organischen Substanzen in den Pflanzen Verbindungen eingehen, und also aufhören, Wasser zu sein; dass diese wenigen Körper wieder zersetzt werden können und Sauerstoff abtreten und den Wasserstoff also — der ursprünglich von Wasser herrührte — in den Pflanzen zurücklassen kann, daran lässt sich nicht zweifeln. Die ganze Klasse der ätherischen Oele, der Harze u. s. w. kann uns lehren, dass dies wirklich der Fall sein müsse, wenn wir die Summe der Nahrungsmittel betrachten, die den Pflanzen dargeboten werden.

Aus Versuchen von *Chevandier* [1]), die hier unten erwähnt sind, geht hervor, dass jährlich in zwei Wäldern, deren Holz er analysirt hat, auf dem Hectar 26 Kil. Wasserstoff aus dem Was-

[1]) Ann. de Chim. et de Phys. Fév. 1844, p. 152. Siehe weiter *Chevandier*'s Beobachtungen über den Einfluss des Wassers auf das Wachsthum der Holzgewächse, Comptes rendus, 15. Juill. 1844, p. 167.

ser frei, und als organisches Element mit Bestandtheilen der Pflanzen verbunden werden.

Dass die Kohlensäure wirklich von Einfluss ist auf das Wachsthum jener Pflanzen, die wir denjenigen beizählen, die organische Bestandtheile aus dem Boden aufnehmen, ist durch viele Versuche und Beobachtungen ausser Zweifel gesetzt. *Schleiden* sah in dem Göttinger Thal, namentlich in dem Becken der Wehnder Papiermühle, die Pflanzen im Frühling einige Wochen früher erscheinen, und im Herbste länger währen, als die anderen Pflanzen eben jener Gegend. An dieser Stelle nun enthalten die Quellen eine reichlich mit Kohlensäure geschwängerte Wasserart [1]).

Allein ausser solchen isolirten Beobachtungen, die man mit vielen vermehren könnte, steht es fest, dass es nur die Kohlensäure der Atmosphäre ist, welche den Kohlenstoff des Holzes der Wälder vermehrt, und durch welche die Menge des Kohlenstoffs in den Pflanzen überall, wo wenig organische Substanz im Boden enthalten ist, zunimmt. Um dies deutlich zu erklären, will ich die von *Chevandier* mitgetheilten Versuche erwähnen.

Er hat die Holzmenge, die zu bestimmten Zeiten in Wäldern, denen nichts zugeführt wird, gehauen werden, angegeben, und aus der Zusammensetzung des Holzes, in Beziehung zur Grösse der Wälder und dem Ertrage in einer bestimmten Zeit, abgeleitet, dass die für zwei grosse Wälder jährlich per Hectar auf diese Weise erzeugten Mengen die folgenden waren [2]):

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Asche.
1ter Wald	1754 Kil.	213	33	1507	48
2ter Wald	1854 „	225	36	1586	53.

Diese Mengen, die den früheren Bestimmungen *Boussingault*'s entsprechen — *Chevandier* fand per Hectar jährlich 3650 Kil. trocknes Holz — lehren unter andern eine erstaun-

[1]) *Meyen*'s Jahresbericht 1837, S. 26.

[2]) 1 Hectar = 1,17 rheinl. Morgen.

liche Zufuhr von Kohlensäure, da der Kohlenstoff in diesen Wäldern doch nur von der Atmosphäre herrühren kann. Ein Prisma, dessen Basis gleich einem Hectar wäre, und bis an die Grenzen der Atmosphäre reichte, würde nach diesen Angaben jährlich $\frac{1}{9}$ von seinem Kohlenstoffgehalte, nämlich $\frac{1}{9}$ von 16,900 Kil. Kohlenstoff [1]), an das Holz abtreten, und die Kohlensäure der Atmosphäre würde also in 9 Jahren erschöpft sein, wenn die ganze Erde mit solchen Wäldern bedeckt wäre und nicht neue Kohlensäure gebildet würde.

Allein in der Gegend, auf welche sich *Chevandier*'s Bestimmungen beziehen, ist die Vegetation nur fünf Monate thätig, d. h. vom Ende April bis Ende September, wenn die Blätter anfangen gelb zu werden. In 150 Tagen wurden also 1800 Kil. Kohlenstoff durch einen Hectar Wald der Atmosphäre entzogen, d. h. täglich 12 Kil. Wenn man annimmt, dass die Bäume 20 Meter hoch waren, so wird die Luft, bei vollkommener Windstille, von den 32 Kil. Kohlenstoff [2]), die im Prisma von einem Hectar, das 20 Meter hoch ist, enthält, $\frac{12}{32}$ oder $\frac{3}{8}$ seines Gewichts an Kohlensäure täglich verlieren.

Hieraus folgt, dass höhere Bäume und solche, die weiter gepflanzt sind, so dass die Luft zwischen denselben beweglich ist, viel üppiger wachsen, als niedrigere und näher zusammenstehende.

Die genannten Bedingungen sind also zunächst nach diesen Daten verschieden, aber auch nach der Natur des Holzes, dem Orte der Erdoberfläche und vielen anderen Verhältnissen.

Es giebt noch eine ganz andere Nahrungsquelle für die Pflanzen, als die, aus welcher die Wurzeln schöpfen. Es ist nämlich eine unwidersprechliche Thatsache, dass die grünwerdenden Pflanzentheile Kohlensäure aufnehmen, und namentlich dafür Sauerstoff abtreten. Diese Function ist wirklich zweifach;

[1]) Berechnet auf $\frac{6}{10000}$ Kohlensäure in der Luft. Ein Prisma atmosphärischer Luft, dessen Basis gleich einem Hectar ist, wiegt 103,300,000 Kil.

[2]) Es ist hier für den Raum, den die Bäume selbst einnehmen, $\frac{1}{4}$ vom Hectar abgezogen.

die Aufnahme der Kohlensäure und die Ausscheidung des Sauerstoffs hängen nämlich nicht mit einander zusammen; die erstere ist eine selbständige Function, die nach den Regeln der Absorption der Gase durch wässrige Flüssigkeiten wirkt; die Ausscheidung des Sauerstoffs ist ein Resultat einer allgemeinen chemischen Umsetzung der Pflanzensubstanzen zu niedriger oxydirten Verbindungen, eine Umsetzung, an welcher auch die absorbirte Kohlensäure Theil nimmt. Diese beiden Verrichtungen verdienen in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit; wir wollen ihre Natur im folgenden Kapitel näher betrachten, und uns hier begnügen mit dem Beweise, dass die Kohlensäure durch die Blätter absorbirt wird.

Als wohl erwiesen darf man jetzt die folgende Regel betrachten: Die Wurzeln dienen dazu, den Pflanzen das Wasser, das Ammoniak und die organischen Salze, endlich eine kleine Menge anorganischer Substanzen zuzuführen; aber die grünen Theile, namentlich die Blätter, um durch die absorbirte Kohlensäure unter Ausscheidung von Sauerstoff, die Masse der stickstofffreien Bestandtheile der Pflanzen zu vergrössern.

Dass wirklich Kohlensäure durch die Blätter aufgenommen wird, ist schon aus alten Versuchen *Sennebier*'s und *Spallanzani*'s bekannt; diese Aufnahme wurde aber stets im Zusammenhang mit der Sauerstoffentwicklung betrachtet. *De Saussure* hat dies namentlich näher bestätigt, und *Draper* hat diese Thatsache ausser Zweifel gesetzt in Versuchen, die im folgenden Kapitel erwähnt werden. Ich betrachte diese Thatsache hier als vollständig ausgemacht.

Die Menge der Kohlensäure, die nach den oben erwähnten Versuchen *Chevandier*'s in so reichlicher Menge von den Pflanzen aufgenommen wird, dass für den Morgen Landes jährlich 1800 Kil. Kohlenstoff auf dem Boden fixirt werden, kann den Pflanzen unmöglich durch den Boden dargeboten, und also unmöglich vom Regenwasser zugeführt werden. Das Gewicht

eines Litres Kohlensäure ist 1,98 Gramm. Das Regenwasser enthält nur kleine Mengen Kohlensäure. Nehmen wir an, dass in einem Litre Regenwasser 10 C. C. Kohlensäure enthalten sind[1]), so haben wir in 10 Litres 1,98 Gramm Kohlensäure oder 0,54749 Gramm Kohlenstoff. Eine Menge von 330,000,000 Kil. Regenwasser wird also jährlich auf einem Hectar erfordert, um 1800 Kil. Kohlenstoff zu liefern. Es fällt aber in dem Binnenlande Frankreichs [2]) in einem Jahre nur eine Menge von 6,500,000 Kil. Regenwasser, und durch die Wurzeln können also die Pflanzen, von denen *Chevandier* redet, nur $\frac{1}{50}$ der Koh-

[1]) Die Bestimmungen des im Juni 1823 zu Utrecht bei Westwind aufgefangenen Regenwassers (*G. J. Mulder* Commentatio de aquis Rheno-traj.) ergaben in 1000 Gr. oder 1 Litre 0,0037 CO^2,O und N.

Es können also kaum 2 C. C. Kohlensäure in 1 Litre jenes Regenwassers enthalten sein. Im Texte stellte ich absichtlich diese Menge fünfmal grösser.

Von Baumhauer hat auf meine Bitte im Monat Juli 1845 noch die folgenden Bestimmungen des Kohlensäuregehalts in fünf Arten Regenwasser gemacht, die alle schon eine Zeit lang der Luft ausgesetzt gewesen waren. In 1000 Grammen waren bei 0° und 760 M. M. enthalten:

I	II	III	IV	V
4,70	4,24	7,93	8,58	9,09 C. C.

So verhält es sich nun für Utrecht; in der freien Natur wird der Kohlensäuregehalt geringer sein. Auf jeden Fall ist, wie wir sehen, 10 C. C. auf 1000 Gr. Wasser reichlich genommen.

Die Menge des gefallenen Regens ist hier für ein ganzes Jahr genommen, während die Pflanzen in den gemässigten und kalten Gegenden nur einige Monate im Jahr Flüssigkeit aus dem Boden aufnehmen. Dadurch wird also die Rechnung für den Eintritt der Kohlensäure durch die Wurzel noch viel ungünstiger. Dem steht aber gegenüber, dass wir den Thau — der indess nicht tief in den Boden eindringt, sondern vorzugsweise die Blätter befeuchtet — nicht in Rechnung gezogen haben, und jetzt noch nicht in Rechnung ziehen können. Nehmen wir an, dass die Pflanzen sechs Monate im Jahr durch ihre Wurzeln Wasser aufnehmen, und dass eben so viel Thau wie Regen in den Boden eindringt — was gewiss eine viel zu hohe Annahme ist — dann bleibt unsere Rechnung noch dieselbe.

[2]) Nach *Kaemtz* (Meteorologie, S. 174) fallen jährlich 25 Zoll Wasser auf die Küste Hollands und Frankreichs, 24 Zoll oder 0^{M},650 in dem Binnenlande. Ein Hectar ist 10,000 □ Meter, was für den Hectar in einem Jahre 6500 Kub. Meter giebt. Nach *Simons* und *Greeve* (Nieuwe verhandeling van het Bataafsch Genootschap, 1844) in unserem Lande 0,657 M., was für den Hectar 6570 Kub. Meter giebt.

lensäure, die sie, um den nöthigen Ertrag zu liefern, brauchen, erhalten. Die Menge der Kohlensäure des absorbirten Wassers, das den Boden tränkt, habe ich nicht mit in Rechnung gebracht. Es steht dieser eine viel grössere Menge Kohlensäure gegenüber, die sie verlieren, indem die abgefallenen Blätter faulen, wodurch viel Kohlensäure in die Atmosphäre gelangt, und eine andere Menge Kohlensäure, die bei der Exhalation ausgetrieben wird (vgl. unten *Draper*'s Versuche), sodann eine dritte Menge Kohlensäure, die mit dem vom Boden verdunstenden Wasser in die Atmosphäre zurückkehrt.

Wenn wir von *Chevandier*'s Versuchen ausgehen, dass 1800 Kil. Kohlenstoff auf den Hectar condensirt werden, so müsste ein Litre Regenwasser nicht 10, sondern 500 C. C. Kohlensäure enthalten, d. h. die Hälfte von dem, was Wasser unter dem gewöhnlichen Drucke aufnehmen kann.

Es geht daraus aufs deutlichste hervor, dass die Blätter die grösste Menge Kohlensäure aus der Luft condensiren, und verhältnissmäsig nur ein kleiner Theil aus dem Regenwasser und aus dem Boden in die Pflanzen gelangt, dass also — da der Dünger in den Boden niedergelegt wird und dort nützlich ist — ein anderer Theil der Nahrung, und zwar das Ammoniak, die organischen und die anorganischen Nahrungsmittel durch die Wurzel eindringen; dass es also wirklich zwei Nahrungsquellen giebt, wie schon die ältere Wissenschaft festgestellt hatte, und dass diese beiden Quellen in zwei entgegengesetzten Richtungen in die Pflanzen einfliessen, von oben abwärts und von unten aufwärts. Die Bestandtheile, welche Thätigkeit erregen, werden mit den anorganischen Salzen und dem Wasser aus dem Boden geschöpft; diejenigen, welche die Masse vergrössern und durch immerwährende Umsetzung eine fast grenzenlose Zahl neuer Produkte liefern, müssen durch die Atmosphäre zugeführt werden, — wichtige Thatsachen, die im folgenden Kapitel näher entwickelt werden sollen.

Chevandier's Versuche geben für die Menge des bei der Vegetation gebundenen Wassers Folgendes: Eine Menge von

1754 Kil. Kohlenstoff auf den Hectar eines Waldes in einem Jahre condensirt, ist, wenn sie als Kohlensäure zugeführt wird, mit 4591 Sauerstoff verbunden gewesen. Eine in diesem Holze gefundene Menge von 33 Kil. Stickstoff ist als Ammoniak mit 7 Kil. Wasserstoff verbunden gewesen. Es waren nun 213 Kil. H im Holze; dies giebt 213 — 7 = 206 Wasserstoff. Diese erfordern 1650 O, um Wasser zu bilden. Es waren aber im Ganzen 1507 O im Holze.

In der Voraussetzung, dass diesen Pflanzen nur H^2O, N^2H^6 und CO^2 zugeführt ist, haben wir:

Im Holze gefunden

	C		H		N		O
	1754		213		33		1507
C	1754	H^6	7	H^2	213 — 7 =		206
O	4591	N^2	33	O			1650
CO^2 =	6345	N^2H^6 =	40		H^2O =		1856.

Aus CO^2 = 6345, N^2H^6 = 40 und H^2O = 1856 ist also Holz geworden, in welchem

C	H	N	O
1754	213	33	1507.

Die Summe des Sauerstoffs in 6345 CO^2 und 1856 H^2O ist 4591 + 1650 = 6241; subtrahirt man hievon die Sauerstoffmenge, die im Holze selbst enthalten ist = 1507, so bleiben 4734 Kil. O übrig, die von den Blättern ausgeschieden sind. Nach diesen Versuchen ist also eine Wassermenge von 1856 Kil. in diesem Hectar Wald gebunden worden.

Ob die Pflanzen Ammoniak als solches aufnehmen, ist noch durch keinen Versuch erwiesen worden, und darf also auch nicht als eine Grundregel in der Wissenschaft gelten. Nach unserer jetzigen Kenntniss zu urtheilen, scheint das Gegentheil wahr zu sein. Die kleinsten Ammoniakmengen, welche in die Ackererde eintreten, werden sogleich durch die fünf im Humus vorkommenden organischen Säuren fixirt und bilden mit diesen in Wasser lösliche Salze, welche von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden müssen. Diese organischen Säuren

fehlen in keiner guten Ackererde und dürfen in derselben nicht fehlen; ihre Menge ist klein, zu klein, um den Pflanzen die Masse Kohlenstoff zu liefern, aber gross genug, um ihnen den Stickstoff als Ammoniaksalze fünf verschiedener organischer Körper zuzuführen.

Es braucht nicht näher gezeigt zu werden, dass, wenn den Pflanzen wirklich auf diese Weise Stickstoff zugeführt wird, desshalb doch keine Spur von Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatz- oder Quellsäure in den Würzelchen gefunden zu werden braucht, und dass die weissen Würzelchen durch die aufgesogene braune Flüssigkeit in der That nicht braun gefärbt zu werden brauchen. Keine einzige Zelle der jugendlichen Wurzel lässt das Aufgesogene passiv durch; jede derselben ist ein kleines thätiges Organ, das sowohl Stoffwechsel erleidet wie erzeugt.

Wenn wir von der wohl constatirten Thatsache ausgehen, dass das Ammoniak in guter Ackererde nicht frei enthalten sein kann, sondern unmittelbar mit einer der fünf organischen Säuren verbunden wird, so wissen wir zugleich, dass das Ammoniak den Pflanzen niemals frei dargeboten wird. Mit der Kohlensäure, die im Wasser der Ackererde enthalten ist, kann es nicht verbunden sein, wenn es in die Pflanzen eintritt, weil Kohlensäure ulminsaures, huminsaures, geinsaures, quellsatzsaures, quellsaures Ammoniak nicht zersetzt, eine dieser fünf organischen Säuren hingegen wohl die Kohlensäure aus kohlensaurem Ammoniak austreibt.

Es scheint mir hiernach erwiesen zu sein, dass alles von den Pflanzenwurzeln aufgenommene Ammoniak, bei einer hinlänglichen Quantität der fünf genannten Säuren im Boden, mit einer oder mehren derselben verbunden in die Pflanze aufgenommen wird, d. h. nicht in derselben circulirt, sondern den Spitzen der Wurzelfasern dargeboten wird, um dort unmittelbar zersetzt zu werden und in neue Körper überzugehen.

Die Brache der Aecker [1]), bei der das sogenannte Unkraut eingeackert wird, und überhaupt das Einackern organisirter, stickstoffarmer Körper bereichert desshalb in demselben Maasse den Ammoniakgehalt des Bodens, in welchem dadurch mehr Humussäuren erzeugt werden, die das gebildete Ammoniak

[1]) Die Brache der Aecker, die als ein Mittel, die Fruchtbarkeit zu fördern, bekannt ist, ist ein unter den Gelehrten viel besprochener Gegenstand. Einige Länder brauchen nie brach zu liegen, andere um die 7 — 8, andere wieder um die 3 — 4 Jahre. Indem man dem Boden von aussen nichts zuführt, wird dennoch der Boden verbessert. Die allgemeinen Gründe, die Anerkennung verdienen, sind dafür folgende:

Man nimmt in der Zeit der Brache dem Boden nichts, sondern verschafft ihm dreierlei verschiedenartige Stoffe. Es keimen viele Pflanzen, die von selbst aufwachsen, die später eingeackert werden. Diese Pflanzen, die Kohlensäure und Ammoniak aufgenommen und daraus andere Substanzen bereitet haben, lassen diese als organische Substanzen zurück, die bald humificirt werden, nachdem sie eingeackert sind, und auf diese Weise den Pflanzen des folgenden Jahres die fünf organischen Säuren des Bodens darbieten können. Während diese Humusbildung geschieht, wird Ammoniak in der Erdschichte gebildet, und dieses Ammoniak bleibt mit den organischen Säuren verbunden, um den Pflanzen des folgenden Jahres dargeboten zu werden. Die Pflanzen endlich, die auf dem brachliegenden Acker von selbst aufwachsen, nehmen Wasser und mit diesem Wasser die in demselben gelösten Salze aus dem Boden auf; indess verdunstet reines Wasser von der Oberfläche ihrer Blätter, und das Unkraut wird dadurch ein Sammelplatz für die anorganischen Bestandtheile, die nun durch das Einackern in viel grösserer Menge in den obersten Schichten angehäuft werden, als ohne dies der Fall sein würde. — Durch die Brache bereiten also die als Unkraut wachsenden Pflanzen, die später eingeackert werden, den Boden für das folgende Gewächs. Deshalb wird der Boden z. B. durch den Klee, den man säet und einackert, gleichsam gedüngt.

Zu diesen Gründen kann ich noch hinzusetzen, dass auch vom Boden selbst reines Wasser verdunstet, und dadurch bei der Brache die Salze des durch Capillarität aus der Tiefe hinaufgestiegenen Wassers in der Oberfläche des Bodens angehäuft werden, wenn sie nicht durch Schlagregen hinuntergeführt werden; dass alle Ueberreste organischer, nicht gehörig zersetzter Substanzen, Wurzeln, das letzte eingeackerte Gewächs im Jahre der Brache die Zeit haben, sich zu zersetzen; endlich, dass die unlöslichen Silikate des Lehmbodens, wenn sie ein oder mehre Jahre der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt sind, ohne den Pflanzen etwas abzutreten, eine neue Menge Basen aufschliessen, um dem folgenden Gewächse in löslicher Form dargeboten zu werden.

kräftig und unverändert zurückhalten, um es später zu entwickelnden Pflanzen darzubieten. Also namentlich wegen des Stickstoffs des Ammoniaks sind die stickstofffreien organischen Körper im Boden für das Wachsthum der Pflanzen nothwendig, obgleich sie den Wurzeln zugleich mit dem Stickstoff auch die drei anderen organischen Elemente darbieten.

Man denke sich eine Bodenart, in welcher alle organische Substanzen fehlen, z. B. einen Boden von lauter verwittertem Feldspath, so entbehrt man alle Substanzen, die nöthig sind, um das Ammoniak, das entweder durch das Regenwasser oder auf andere Weise dem Boden zugeführt wird, zu fixiren. Eine solche Bodenart würde dann z. B., wenn ammoniakhaltiges Regenwasser herabfällt, so viel Ammoniak nach unten durchlassen, um die Brunnen und Quellen zu versehen, wie das Wasser mit hinunterführt. Bei der Gegenwart humusartiger Körper wird aber das Ammoniak unmittelbar mit denselben verbunden, und die daraus entstehenden Ammoniaksalze werden durch den Lehmboden u. s. w. (vgl. S. 187) in den obersten Erdschichten zurückgehalten. Aus diesem Grunde enthalten die Quellwasser an Stellen, an welchen fruchtbare Aecker sind, nur eine unbedeutende Ammoniakmenge, während sie bei der Abwesenheit organischer Substanzen in den obersten Erdschichten so viel Ammoniak enthalten müssen, wie den obersten Schichten zugeführt oder in denselben gebildet wird.

Man hat sich in letzterer Zeit ziemlich daran gewöhnt, den Werth des Düngers nach der Stickstoffmenge, die er bei Elementaranalysen giebt, abzumessen. Diese Methode ist durchaus verwerflich; sie beruht auf dem unrichtigen Princip, dass alle stickstoffhaltige Substanzen durch die Fäulniss unmittelbar in Ammoniak, Kohlensäure und Wasser zerfallen. Dass sie darin zerfallen, wenn sie Jahre lang Einflüssen, welche die Fäulniss fördern, ausgesetzt gewesen sind, ist bekannt. Indem wir aber von vielen stickstoffhaltigen Körpern nicht wissen, wie viel Jahre sie brauchen, um auf diese Weise zersetzt zu werden, wissen wir von vielen, dass sie sehr lange Widerstand leisten.

Z. B. man bereitet Morphin, indem man Opium faulen lässt, und, was wichtiger ist, man bereitet Leucin, eine Substanz, die 10,77 % N enthält (Bulletin, 1838, p. 145), indem man Käse faulen lässt. Käse zerfällt also nicht unmittelbar, — nicht einmal in sehr langer Zeit, vielleicht nicht in vielen Jahren — in CO^2, N^2H^6 und H^2O, sondern er giebt eine kristallinische Substanz, die kein Ammoniak enthält. Was Käse giebt, geben wahrscheinlich auch alle Proteinverbindungen, und da wir nicht wissen, *wie viel Leucin* auf diese Weise gebildet wird, und da ausser Leucin noch andere, ebenfalls ammoniakfreie Körper gebildet werden können, so ist der Maassstab für die Tauglichkeit des Düngers nicht im Stickstoffgehalt desselben zu finden, und man sollte diesen also aufgeben.

Aus diesem Grunde nützen uns die meisten Düngerbestimmungen von *Boussingault, Payen* und Anderen gar nichts [1]).

[1]) *Boussingault* und *Payen* (Ann. d. Chim. d. et de Phys. Tom. 3, p. 65 und Tom. 6, p. 449) haben z. B. die Tauglichkeit des Düngers nach der in demselben enthaltenen Stickstoffmenge bestimmt, und glauben, dass zwischen der Stickstoffmenge und der Tauglichkeit des Düngers ein direktes Verhältniss stattfinde. Sie glauben, das Ammoniak, das als solches im Dünger enthalten ist, sei der wirksame Bestandtheil desselben; sie glauben aber doch, dass auch andere Substanzen als bloss Ammoniaksalze in die Pflanzen aufgenommen werden und denselben Stickstoff darbieten können. Sie untersuchten 95 verschiedene Substanzen; ich übergehe diese Untersuchungen aber deshalb mit Stillschweigen, weil sie uns über den Stickstoff, den dieser Dünger den Pflanzen wirklich darbieten kann, nichts lehren.

Diesen Bestimmungen gegenüber haben wir andere von *Bouchardat*, der behauptet, dass kohlensaures, doppeltkohlensaures, salzsaures, salpetersaures, schwefelsaures Ammoniak, zu $\frac{1}{1000}$ den Pflanzen dargeboten, starke Gifte für dieselben sind, und dass die Pflanzen also dadurch keinen Stickstoff erhalten können. (Institut 1843, 9. Fév.)

Kuhlmann ist wieder gegen *Bouchardat's* Schluss, dass einige Ammoniaksalze, namentlich das anderthalbkohlensaure, doppeltkohlensaure, salpetersaure, schwefelsaure Ammoniak, der Salmiak den Pflanzen schädlich sein sollten (Comptes rendus, 13. Nov. 1843, p. 1118) aufgetreten. *Kuhlmann* hat diese Versuche wiederholt, indem er einen Acker in einzelne Theile theilte und jedes Stück im Frühjahr mit einer Lösung der folgenden Substanzen befeuchtete. Die Menge des Strohs, die jedes Stück erzeugte, wurde für einen Hectar zum Maassstab genommen. Während auf dem Hectar ohne ammoniakale Düngung

Nicht alle Ammoniaksalze fördern die Auflösung der humusartigen Körper des Bodens in Wasser, z. B. nicht der Salmiak; das kohlensaure Ammoniak im Gegentheil stark. Also bloss durch die Auflösung dieser können sie dem Wachsthum der Pflanzen nicht nützlich sein. In der Ackererde sind aber

4000 Kil. an Stroh erzeugt wurden, erhielt er mehr durch die folgenden Substanzen: durch Salmiak 1716, schwefelsaures Ammoniak 1233, salpetersaures Natron 800, mit Salzsäure gemischtes Ammoniakwasser aus einer Gasfabrik 2300, durch Harn 2240, eine Auflösung von Leim in Wasser 2493; die letztere Flüssigkeit enthielt $2\frac{1}{2}$ % unreinen Leims.

Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass die Atmosphäre wohl Stickstoff zuführt, aber nicht in hinlänglicher Menge für eine gute Entwicklung der Pflanzen, und dass die ganze Entwicklung der Pflanzen mit der Menge des zugeführten Stickstoffs in Zusammenhang steht; — dass durch die Ammoniakdüngung dem Boden sowohl mehr Kohlensäure wie mehr Stickstoff aus der Luft zugeführt wird; die Menge des Stickstoffs nämlich, die durch einmalige Düngung im Frühlinge zugeführt wurde, reichte nicht hin, um das grosse Uebergewicht an Stroh zu geben; — dass in demselben Verhältnisse Kali, Kalksalze, Phosphorsäure u. s. w. dem Boden entnommen werden.

Kuhlmann schliesst weiter, dass *Liebig*'s Voraussetzung, das Regenwasser liefere mehr Ammoniak, als die Pflanzen brauchen, durch diese Versuche widersprochen wird.

Er glaubt weiter, dass schwefelsaures Kali oder Gyps und Chlorkalium oder Chlorcalcium durch die Pflanzen aufgenommen werden, auf den Grund hin, dass die Meerespflanzen jedenfalls Kochsalz aufnehmen. Phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia sind nach *Kuhlmann* in kohlensäurehaltigem Wasser löslich.

Schattenmann hat (ibid. p. 1128) ähnliche Resultate für schwefelsaures, phosphorsaures Ammoniak und Salmiak mitgetheilt, und Hafer und Gerste auf vortheilhafte Weise damit gedüngt.

Boussingault (Comptes rendus, 20. Nov. 1843, p. 1153) glaubt, dass die Seepflanzen kein Chlor im Verhältnisse des Natriums enthalten, und dass er mit *Kuhlmann* annehmen dürfe, dass die Ammoniaksalze durch doppelte Zersetzung mit Kreide und kohlensaurem Kali oder Natron den Pflanzen kohlensaures Ammoniak liefern.

Eine vergleichende Untersuchung der verschiedenen stickstoffhaltigen Salze mit Rücksicht auf ihre Düngungskraft ist von *Chatterley* angestellt worden (Phil. Mag., June 1843). Er hat dazu schwefelsaures Ammoniak, salpetersaures Natron und salpetersaures Kali genommen. Als Resultat theilt er mit, dass man annehmen dürfe, die stickstoffhaltigen Salze gereichten wirklich den Pflanzen zur Nahrung im Verhältnisse der in ihnen enthaltenen Stickstoffmenge.

viele Basen enthalten und kohlensaure Salze, z. B. kohlensaures Kali, kohlensaurer Kalk. Werden Ammoniaksalze, z. B. schwefelsaures Ammoniak oder Chlorammonium, und humusartige Substanzen, z. B. Ulminsäure aus Zucker, die nicht leicht löslich ist, mit einem dieser Carbonate, z. B. mit Kreide und Wasser in Berührung gestellt und digerirt, so wird die Säure des Ammoniaksalzes, z. B. die Schwefelsäure, mit dem Kalk verbunden, und es wird kohlensaures Ammoniak frei, wodurch die Ulminsäure, Huminsäure u. s. w. aufgelöst werden können. Schwefelsaures Ammoniak, Kreide, Ulminsäure und Wasser geben eine sehr braune Flüssigkeit nach einiger Digestion, in welcher ulminsaures Ammoniak in reichlichem Maasse enthalten ist. Chlorammonium, Kreide und Ulminsäure geben ähnliche Resultate, aber die Flüssigkeit enthält weniger Ulminsäure.

Durch die Düngung mit schwefelsaurem Ammonium oder Chlorammonium wird also mittelst der kohlensauren Alkalien wirklich das Ammoniak als ulminsaures Ammoniak u. s. f. den Pflanzen in löslicher Form dargeboten, und selbst in diesem Falle unterstützen sich das Ammoniak und die organischen Säuren gegenseitig, um den Pflanzen Nahrung darzubieten. Wo also im Boden humusartige Substanzen im Ueberfluss enthalten sind, da können die anorganischen Ammoniaksalze nicht als solche in die Pflanze eindringen.

Aus dem Einen wie aus dem Anderen folgt, dass, wenn auch ein Theil des Ammoniaks aus dem Boden, mit anorganischen Säuren verbunden, in die Pflanzen eindringt, die grösste Menge doch mit organischen Substanzen verbunden in dieselben gelangt, ein Nutzen der letzteren, auf den man grossen Werth legen muss.

Um das kohlensaure Ammoniak, das sich bei der Fäulniss thierischer Körper, die als Dünger benutzt werden, verflüchtigt, zu fixiren, hat man viele Substanzen empfohlen. *Schattenmann* (Comptes rendus, 8. Juillet 1844, p. 114 und Ann. de Chim. et de Phys., Janv. 1842, p. 116) berichtet günstig über das schwefelsaure Eisen, das zu diesem Zwecke vortheilhaft zu benutzen

sei, da es schwefelsaures Ammoniak und Eisenoxyd gebe, und das Ammoniak fixire. Eine verdünnte Auflösung des schwefelsauren Eisens, die man über den Dünger vertheilt, reicht dazu hin. Er räth dies auch für die Excremente, wodurch nicht nur das Ammoniak fixirt, sondern der unangenehme Geruch hinweggenommen werde, da sich Schwefeleisen bildet; — ein Mittel, das man auch bei uns mit Vortheil in den Städten anwenden könnte, in welchen man diese Excreta von Zeit zu Zeit hinwegräumen muss.

Zur Fixirung des Ammoniaks hat man auch verdünnte Schwefelsäure empfohlen, und geglaubt, darin einen Dünger zu finden, weil man auf diese Weise eine bedeutend grössere Ammoniakmenge zurückbehält. Allein es wird heutigen Tags so viel als Dünger empfohlen. In Boden, in welchem die fünf organischen Säuren enthalten sind, braucht man keine Schwefelsäure, um das Ammoniak zu fixiren.

Nach *Daubeny* (Athenaeum, 14. Aug. 1841 und Bibl. univers., Nov. 1841, p. 410) können salpetersaures Kali oder Natron den Pflanzen gleichfalls Stickstoff liefern, und sie gehören also zu den Substanzen, die für einige Pflanzen nützlich sind; Salze, die also entweder in den Pflanzen oder in der Ackererde zersetzt werden müssen. Die Gegenwart des Salpeters in Tabak und anderen Pflanzen macht beides wahrscheinlich.

Der in den letzteren Jahren als Dünger so sehr empfohlene Guano enthält eine veränderliche Menge harnsaures Ammoniak nebst einigen anderen Substanzen, z. B. phosphorsauren, kohlensauren, kleesauren Salzen. Das harnsaure Ammoniak ist das wichtigste düngende Princip in demselben, und dadurch ist der Guano ein sehr guter Dünger. Ist es der beste Dünger? — Es ist auffallend, wie eine solche Neuigkeit von Vielen wie etwas Besonderes ist aufgenommen worden, und wie thöricht es ist aus Peru für grosse Summen Guano herbeiführen zu lassen, wird derjenige anerkennen, der täglich eine Menge harnsaures und kohlensaures Ammoniak in den Excreten der Menschen und Thiere wegwerfen sieht. So lange man den Harn nicht zum

Düngen benutzt, oder die Excrete der Menschen nicht mit grösserer Sorgfalt als Dünger sammelt, braucht man keine Vögelexcrete aus der stillen Südsee herbeizuführen [1]), wenn man sich nicht gerne will täuschen lassen, wozu der Guano jetzt reichliche Gelegenheit bietet. Die Agricultur sollte von Betrug befreit bleiben und von wissenschaftlichen Männern nicht in der Weise belastet werden, wie dies mit dem Guano geschehen ist. Als ob man das Ammoniak aus der stillen Südsee kommen lassen müsste! Man möge mich nicht missverstehen: ich behaupte nicht, dass Guano kein guter Dünger sei, sondern nur, dass man ihn nicht braucht.

Diejenigen, die nicht besser wissen, beschuldigt man nicht, sondern man bedauert sie, dass sie von denjenigen getäuscht werden, die wohl besser wissen, und um sich Geld und Ruf zu erwerben, die Unerfahrenheit ihrer Zeitgenossen schändlich missbrauchen. Ich habe deshalb, wo ich konnte, diesen Guanobetrug kräftig bekämpft, und zögere nicht, davor zu warnen, wie vor einer Quelle schändlicher Täuschung. — Ich trage kein Bedenken, ebenso das nämliche Urtheil auszusprechen über die vielen Fabriken künstlichen Düngers, von denen man jetzt immer mehr hört. Jeder Boden, jedes Gewächs braucht seine eigenen anorganischen Substanzen, es lässt sich dafür kein allgemeiner Dünger machen; das Ammoniak kann man in den Excrementen der Thiere und der Menschen finden, und was die organischen Bestandtheile betrifft, so ist es glücklicher Weise eine allgemeine Eigenschaft der am meisten verbreiteten organischen Substanzen, dass sie durch Fäulniss in die fünf mehrmals genannten organischen Säuren des Bodens zerfallen, für welche man ebenfalls keine Fabriken zu errichten braucht. Es gereicht den Gelehrten nicht zur Ehre, die älteste Kunst ihrem einfachen und natürlichen Zustande zu entreissen und auf den

[1]) *Fourcroy* und *Vauquelin* haben ihn analysirt, Ann. de Chim. Tom., 56, p. 259; *Liebig* und *Woehler* Ann. d. Chem. und Pharm. 1842.

Girardin und *Bidard* Ann. de Chim. et de Phys. Janv. 1844, p. 113; *Payen* und *Boussingault* ibid., Févr., p. 237.

Boden der Täuschung hinüberzuführen. Allein wir haben Hoffnung, dass die Vorliebe der Landbauer für das Alte einer weiten Fortpflanzung des Uebels in den Weg treten wird.

Was über die organische Nahrung der Pflanzen und über die Kohlensäure, das Wasser und das Ammoniak mitgetheilt wurde, lässt sich kurz folgender Weise fassen.

Die Fettpflanzen, viele Moose u. s. w. leben von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak. Es sind stickstoffarme Pflanzen.

Die Blätter zersetzen die Kohlensäure, die sie aus der Luft aufnehmen, und bilden unter Ausscheidung von Sauerstoff mit den Elementen des Wassers stickstofffreie Pflanzenstoffe.

Es ist nicht ermittelt, und sogar unwahrscheinlich, dass die Blätter auch Ammoniak aufnehmen. Im Gegentheil, seine Bildung im Boden, und der Nutzen des ammoniakalen Düngers für das Wachsthum, machen es wahrscheinlich, dass das Ammoniak nur durch die Wurzeln zugeführt wird.

Da aus der Atmosphäre in den Blättern stickstofffreie Substanzen gebildet werden, so wird jährlich beim Abfallen der Blätter u. s. w. dem Boden eine Menge organischer Substanzen zugeführt, die dort in saure humus- oder quellartige Körper übergehen.

Diese Substanzen binden das Ammoniak und treten als Ammoniaksalze in die Wurzeln der Pflanzen.

Ohne deshalb zu läugnen, dass von den Blättern etwas Ammoniak, und von der Wurzel etwas Kohlensäure aufgenommen wird — und Letzteres lässt sich auch nicht läugnen — tritt doch die Masse des Ammoniaks durch die Wurzel in die Pflanze, die Masse des Kohlenstoffs durch die Blätter; das Wasser durch die Wurzel.

Die Theile der Knospe verhalten sich also rücksichtlich der Atmosphäre wie die Fettpflanzen und Moose. Sie leben grösstentheils auf Kosten der Atmosphäre. Wir dürfen sie als selbständige Pflänzchen betrachten, die auf dem Stamme wie in einer Ackererde befestigt sind. Diese selbständigen Pflänzchen (die Ausläufer der Knospen, die Blätter) sind die Conden-

satoren der Kohlensäure der Luft. Sie fallen ab, faulen und ein grosser Theil ihrer Stoffmasse bindet das Ammoniak des Bodens, um damit durch die Wurzel in die Pflanze einzudringen.

Die organischen Ammoniaksalze des Bodens liefern zunächst die stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe, das Protein mit allen seinen abgeleiteten Substanzen. Und wenn sie auch keinen anderen Nutzen hätten, dann würden sie doch noch aus diesem einzigen Grunde unentbehrlich genannt werden dürfen.

Die Ausläufer der Knospen (die Pflänzchen des Stammes, die Blätter) schöpfen die stickstoffhaltigen Substanzen aus dem Stamme, so wie der Stamm sie aus der Wurzel, die Wurzel aus dem Boden schöpft.

Condensation und Zersetzung der Kohlensäure der Luft in den Blättern; Bildung stickstofffreier Körper in den Blättern aus dieser Kohlensäure und dem Wasser; Abfallen der Blätter; Fäulniss und Bildung der Humus- und Quellsäure; Ammoniakbildung im Boden aus den Bestandtheilen der Luft und des Wassers; Verbindung der beiden letzteren zu humus- und quellsauren Ammoniaksalzen; Eindringen derselben in die Pflanzen durch die Wurzel; Bildung stickstoffhaltiger Körper aus diesen in der Wurzel; Aufsteigen dieser letzteren in die Blätter und Früchte; Hinuntersteigen eines Theiles derselben mit den Produkten der zersetzten Kohlensäure aus der Luft, zur Holzbildung; Abfallen und Faulen der Blätter u. s. w., — dies ist der Cyclus des Pflanzenreichs.

Wenn diese Principien als wahr anerkannt sind, dann ist es wahr:

1) dass die Pflanzen, was das Gewicht ihrer Bestandtheile betrifft, auf Kosten der Atmosphäre leben;

2) dass sie, so wie sie jetzt sind, nicht bloss durch die Bestandtheile der Atmosphäre leben können;

3) dass die Pflanzpflanzen (Ausläufer der Knospen) Kohlensäure und Wasser aufnehmen, und dadurch also ebenso leben wie die Fettpflanzen;

4) dass die Wurzeln die stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe bereiten, die von dorther in die Pflanzpflanzen übergehen;

5) dass für alle jetzt in der Ackererde lebende Pflanzen organische Nahrung unentbehrlich ist, und dass man überall, wo man in der Agricultur von dieser Naturregel abweicht, durch die Erfahrung lernen wird, wie thöricht es ist, jene alte Kunst auf unerwiesene Grundsätze hin zu erneuern.

IX.

Umsetzung der Nahrungsstoffe in den Pflanzen.

Ursachen der Umwandlung der aufgenommenen Nahrungsstoffe.

Die durch verschiedene Pflanzen strömende Flüssigkeit zeigt gar mancherlei Unterschiede. Diese Unterschiede werden, wie wir gesehen haben, nicht durch die ursprünglich der Pflanze dargebotene Nahrung bedingt, sondern durch die Stoffe, welche sogleich nach der Aufnahme durch die äussersten Wurzelspitzen aus jener bereitet werden. Diese äussersten Wurzelfasern enthalten ja schon gleich materiell verschiedene Produkte der nämlichen von aussen aufgenommenen Substanzen. Dort, an der Grenze der Wurzelspitzen, findet sich also die erste und wichtigste Stelle, an welcher die Nahrung verarbeitet wird.

Es ist nöthig zu erforschen, auf welche Art und Weise diese Umwandlung in den äussersten Wurzelspitzen geschieht, und wie sie in den verschiedenen Pflanzentheilen vollendet wird.

In Betreff des Ersteren ist es bekannt, dass die Wurzelfasern der Pflanze der Länge nach wachsen, und durch Anreihung neuer Zellen eine grössere Ausdehnung erhalten; dass dieses aus, oder doch unter dem Einflusse der die Wurzelspitzen umgebenden Stoffe geschieht; dass diese Wurzelspitzen also, die selbst in Ausdehnung wachsen und neue Zellen bilden können, sehr thätige Theile sind, durch welche sich die Flüssigkeiten aus dem Boden keineswegs in der Weise hinaufziehen können, wie Flüssigkeiten in Haarröhren aufsteigen, viel weniger noch passiv aus der einen Zelle in die andere durch-

schwitzen; dass im Gegentheil von vielen Theilen, über welche jene Flüssigkeiten hinbewegt werden, eine Thätigkeit ausgeht, die sich auf die chemischen Substanzen der aufgenommenen Flüssigkeit überträgt; dass von den ersteren eine Spannung auf die letzteren zurückwirkt, oder, wenn man will, eine Bewegung der ersteren den letzteren mitgetheilt wird.

Diese allgemeine Wahrheit, die in der organischen Natur — in welcher jedes Molecüle das Centrum einer weitherrschenden Thätigkeit werden kann — keine Ausnahme erleidet, ist von der höchsten Wichtigkeit, damit man sich von den Metamorphosen der von den Pflanzen aufgenommenen Stoffe einen allgemeinen Begriff mache. Es geht keineswegs immer von jeder Zelle, durch welche sich irgend eine Flüssigkeit hinzieht, eine Thätigkeit aus; aber von allen den Zellen, in welchen sich in der Umsetzung begriffene Stoffe finden, oder die aus diesen bestehen, muss eine solche Thätigkeit ausgehen, und dieser Einfluss muss auf alle dafür empfängliche Stoffe der durchziehenden Flüssigkeit zurückwirken, wie wir dies alles im ersten Kapitel S. 75 zur Genüge erörtert haben.

Wenn wir von diesem allgemeinen Gesichtspunkte ausgehen, eröffnet sich ein weites Feld für neue Untersuchungen. Die verschiedenen Systeme der Pflanzentheile, die verschiedenen in denselben enthaltenen Organe, müssen zergliedert, und ihrer Zusammensetzung nach genau erforscht werden; sie müssen weiter einer solchen chemischen Untersuchung unterworfen werden, aus welcher sich ihr Einfluss auf andere Körper, und zwar grade auf diejenigen, mit welchen sie in Berührung kommen, ergiebt; damit muss man die eigenthümlichen Substanzen, welche von jenem Organ erzeugt werden, in Zusammenhang bringen. Auf diese Weise hat man die Pflanzenphysiologie noch gar nicht bearbeitet, und dennoch ist dies der einzige Gesichtspunkt, von welchem man jemals einiges Licht über die Metamorphosen der Stoffe in diesem schönen Reich der Natur hoffen darf. Alles was Zelle heisst und Zelle ist, enthält desshalb nicht immer die nämlichen thätigen Stoffe; es geht

nicht immer der nämliche Einfluss von gewissen Bestandtheilen des Inhalts auf andere oder auf in benachbarten Zellen enthaltene Substanzen aus. Warum erzeugen nur die Samenkapseln des Mohns eine Reihe von Pflanzenalkaloiden, von Substanzen, denen derselbe Grundstoff gemein sein mag, die aber auf jeden Fall in keinem anderen Pflanzentheil gefunden werden? Wodurch entsteht dieser Grundstoff, diese Verschiedenheit in den Produkten aus dem, was die Fruchthülle von der Pflanze erhält? Wodurch, wenn es nicht durch die Verschiedenheit der ursprünglich in den Zellen der Fruchthülle enthaltenen Substanzen geschieht, die, aus den allgemeinen Bestandtheilen der Pflanze herstammend, unter den besonderen Verhältnissen, unter welchen sie hier verkehren, solche eigenthümliche Produkte erzeugen können? Die Untersuchung dieser Stoffe und Verhältnisse muss einmal jeder genauen Kenntniss der Metamorphose der den Pflanzen dargebotenen und in der Pflanze verarbeiteten Nahrungsstoffe als Basis untergebreitet werden.

In dem Kapitel über chemische und organische Kräfte haben wir erläutert, dass alle Substanzen, deren Bestandtheile nicht in einem ganz vollkommenen Gleichgewichte miteinander verbunden sind — und dies ist höchst selten der Fall — auf gewisse andere Körper, die mit denselben in Contact kommen, irgend eine Wirkung ausüben müssen; dass namentlich in allen den Fällen, in welchen die Substanzen in der Entstehung oder in der Zersetzung begriffen sind, diese Wirkung auf andere übertragen werden kann, so dass auch diese in Thätigkeit versetzt, d. h. chemisch umgewandelt werden. In dem was S. 51 über die Gährung gesagt wurde, ist dies gehörig auseinandergesetzt.

Wenn wir die dort ausgesprochenen Prinzipien auf die Umsetzung der von den Pflanzen aufgenommenen Nahrungsstoffe, auf die chemische Umwandlung, welche die durch die Pflanzenzellen dringenden Flüssigkeiten erleiden, anwenden, so haben wir darin die ächte Basis für ein besseres Gedeihen der phytochemischen Wissenschaft. Der Inhalt der Zellen, insbesondere

der jugendlichen, die Wände gewisser Zellenreihen bestehen niemals aus gänzlich unveränderlichen chemischen Körpern. Sind sie nicht nur veränderlich, sondern auch stets in der Veränderung begriffen, und ziehen sie in diese Veränderung mit ihnen in Berührung kommende Stoffe herein, d. h., enthalten sie Stoffe, in welchen das chemische Gleichgewicht noch nicht erzielt ist, oder in welchen es immer mehr zerstört wird, so muss jene Wirkung auf andere, mit diesen Stoffen in Berührung kommende Körper übertragen werden, grade so wie die stets in Umwandlung begriffene Hefe Zucker in ihre Wirkung hereinziehen, auf Zucker ihre Wirkung übertragen kann. Ebenso wenig aber, wie die in der Veränderung begriffene Hefe auf *alle* organische Körper einwirken kann — z. B. nicht auf Amygdalin, das wohl durch Synaptase zersetzt wird —, werden in der Veränderung begriffene Stoffe der Pflanzenzellen *alle* an ihnen vorüberfliessende Substanzen chemisch umsetzen; ebensowenig werden die in chemischem Stoffwechsel begriffenen Molecüle des Zelleninhalts *alle* mit ihnen in Berührung kommende Substanzen in Stoffwechsel versetzen. Je nach der Natur der Stoffe muss die von ihnen ausgehende Wirkung verschieden sein; je nach der Natur der umzuwandelnden Stoffe muss die Empfänglichkeit für die übertragene Wirkung wechseln.

Wenn man also jemals zu einiger Kenntniss über die Entstehungsweise jener unzähligen Reihe im Pflanzenreich vorhandener Körper zu gelangen hofft, — und wer möchte daran zweifeln? — so muss diese Kenntniss ausgehen von der Erforschung der Stoffe, von welchen jene Wirkung ausgeht. Sie müssen chemisch verschieden sein, wenn aus einer und derselben die Pflanze durchziehenden Flüssigkeit hier eine Pflanzensäure, dort ein Fettstoff, anderswo Stärke oder Zucker, an einem vierten Orte wieder ein Pflanzenalkali oder ein ätherisches Oel gebildet wird. Auf der anderen Seite muss man mit jener chemischen Kenntniss der Organe, des organischen Baus der Pflanzen die Untersuchung der durch die Pflanzen bewegten Flüssigkeiten verbinden, damit man durch die Kenntniss dessen,

was an jenen in der Umwandlung begriffenen Substanzen vorbeifliesst, wieder erhelle, auf welche Weise die neuen Produkte aus den vorhandenen Stoffen entstehen konnten.

Es ist klar, dass man immer nur einen empirischen Zusammenhang zwischen den erzeugenden und erzeugten Körpern finden wird, dass man niemals wird zeigen können, *warum* diese Substanz diese Produkte und jene wieder andere hervorbringt; allein grade dieses empirische Wissen ist die Basis aller wahren Naturkenntniss, von welcher noch kein Schatten in der Phytochemie zu entdecken ist; dieses empirische Wissen bildet die einzige Grundlage der anorganischen Chemie, und die organische kann folglich keine andere haben.

Aehnliche Ursachen, wie die, welche bei der Umwandlung der Bestandtheile des thierischen Organismus thätig sind, sind auch thätig in den Pflanzen.

Die Pflanzen, denen ein System von Röhren abgeht, in welchen bei den Thieren Flüssigkeiten fortbewegt werden, (ohne dass indess von diesen Röhren eine chemische Wirkung auf die fortbewegte Flüssigkeit ausginge) lassen die in löslicher Form vorhandenen Flüssigkeiten von der einen Zelle in die andere ziehen. Ueberall, wo jene Flüssigkeiten durchziehen, findet nicht immer eine Wirkung statt, und nicht immer die nämliche Wirkung. Das Altern der Zellen ist hier von grosser Bedeutung, und noch so viele andere Verhältnisse, deren Einfluss auf die Metamorphosen der Pflanzenstoffe jetzt und in allgemeinen Zügen geschildert werden kann. Es möge hinreichen, wenn wir hier bemerken, dass die nämliche Grundursache, durch welche die Umsetzung der Stoffe in dem thierischen Organismus stattfindet, nothwendiger Weise auch in den Pflanzen thätig ist, nämlich eine Wirkung, die von gewissen allgemeinen Substanzen ausgeht und auf andere zurückwirkt, also eine wahre chemische Wirkung, und dass, grade so wie im thierischen Organismus, die aus den Haargefässen austretende Flüssigkeit, unter dem Einflusse der in der Veränderung begriffenen Substanzen, chemisch afficirt wird und einige ihrer Bestandtheile

modificirt werden, so auch eine chemische Umwandlung in den Pflanzenzellen stattfindet; endlich dass grade so wie im thierischen Organismus auch bei den Pflanzen die Produkte aus der nämlichen Flüssigkeit verschieden sind je nach der Verschiedenheit der Organe, in welche jene Flüssigkeit eintritt, oder die Produkte verschiedener Flüssigkeiten je nach der Natur dieser Flüssigkeiten verschieden sind. Die Speicheldrüsen und die Nieren erhalten beide arterielles Blut und erzeugen verschiedene Produkte, weil Speicheldrüsen von Nieren verschieden sind, weil das nämliche arterielle Blut in den Speicheldrüsen und den Nieren dem Einflusse verschiedener in der Veränderung begriffener Substanzen ausgesetzt ist. Ebenso verhält es sich mit den nämlichen Pflanzensäften, welche verschiedene Systeme von Zellen durchsetzen. Die Leber sondert, indem sie pfortaderliches Blut erhält, andere Stoffe ab, als wenn sie nur arterielles Blut empfinge. Das Nämliche beobachten wir an denselben Systemen von Pflanzenzellen, durch welche verschiedene Flüssigkeiten hindurchziehen.

In der Wissenschaft unserer Tage spricht man stets von Organen, die neue Stoffe erzeugen. Es lohnt sich der Mühe, dabei einen Augenblick zu verweilen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass alle chemische Wirkung innerhalb und ausserhalb der organischen Natur, eine Molecularwirkung ist, eine solche, die von Molecülen ausgeht und auf Molecüle zurückwirkt. *Organe* als solche, d. h. Zusammensetzungen verschiedener Elementarformen mögen die Art und Weise, auf welche die Stoffe herbeigeführt werden oder bei einander verweilen, verändern und modificiren: *Organe* erzeugen keine chemische Veränderungen, sondern sie geben nur Veranlassung dazu. *Organe* können keine chemische Wirkung erzeugen, weil chemische Wirkung nichts Anderes ist, als eine Aeusserung eines Zustandes der Molecüle, welchen sie von *Organen* nicht erhalten können. Daher möchte ich auch in diesem Sinne das Wort *Organ* verstanden wissen, so oft ich mich desselben bediene.

Der Begriff der Erzeugung neuer chemischer Körper, mögen sie nun eine Form besitzen oder nicht, beruht also auf dem Begriffe der Molecularwirkung.

Werfen wir einen Blick auf die in den einfacheren oder niedrigeren und in den höheren Pflanzen vorkommenden Stoffe, so finden wir zwischen beiden einen beträchtlichen Unterschied. Wir beobachten gleichfalls einen grossen Unterschied zwischen den Stoffen, welche Thieren aus verschiedenen Klassen eigenthümlich sind; aber doch einen viel geringeren als der ist, welchen wir in den Pflanzen zu sehen Gelegenheit haben. Dieser Unterschied ist es, der durch die Verschiedenheit der Organe bedingt wird, durch welche die nämlichen den Pflanzen dargebotenen Nahrungsmittel in gänzlich verschiedene Verhältnisse gebracht werden, demzufolge eine ganz verschiedene Stellung zu einander einnehmen und ganz anders auf einander zurückwirken. Und ebenso verhält es sich bei den Thieren.

Zwischen Pflanzen und Thieren findet sich hinsichtlich der in denselben enthaltenen Stoffe ein bedeutender Unterschied. Leim findet man in den Pflanzen nicht; Cellulose nicht bei den Thieren [1]); Chondrin findet man nicht bei den Pflanzen; Stärkmehl und Gummi nicht bei den Thieren; Haematin findet sich nicht in den Pflanzen; Pflanzenalkaloide nicht bei den Thieren. Uebrigens findet man in den Thieren wenige besondere Bestandtheile, die den *Secreten* nicht angehören und also im engeren Sinne keine Bestandtheile des Körpers sind; während man in den Pflanzen noch eine Menge anderer Stoffe, ätherische Oele, Harze, Gummiarten, Säuren, indifferente stickstoffhaltige Substanzen, kurz eine unzählige Menge verschiedener Stoffe findet, von denen indess auch viele den Secreten zuzuzählen sind.

Eine einfache Zusammensetzung findet man bei den Thieren, keine einfache Zusammensetzung bei den Pflanzen, wenn wir die *Stoffe* im Auge haben; umgekehrt keine einfache Organisa-

[1]) *Schmidt* (zur vergleichenden Physiologie, 1845, S. 36) fand Cellulose in Ascidia mammilaris und Frustulia salina.

tion bei den Thieren und eine sehr einfache Organisation bei den Pflanzen. Es herrscht in dieser Hinsicht ein umgekehrtes Verhältniss bei Thieren und Pflanzen zwischen dem Bau und den chemischen Stoffen, die man im Organismus findet. Es giebt dafür einen natürlichen Grund. Wo eine und dieselbe Flüssigkeit durch das organische Ganze circulirt, vom Herzen durch Röhren (Arterien) in *alle* Theile des Körpers getrieben, und durch andere Röhren (Venen) zu demselben Herzen zurückgeführt wird, da kann sich nur eine kleine Anzahl verschiedener Stoffe finden; während dort, wo fast jeder Theil eine selbstständige Existenz hat, wo jedenfalls kein unmittelbarer, sondern nur ein mittelbarer Zusammenhang zwischen den Theilen besteht, wo keine *Circulation* einer und derselben Flüssigkeit durch das Ganze statt findet, einem kleinen Unterschiede in den Organen ein grosser Unterschied in den Stoffen entsprechen muss. Daraus erklärt es sich, dass grade durch die complexe Organisation bei den Thieren eine Einfachheit der Bestandtheile des Organismus erzeugt werden muss.

Wegen dieses Unterschieds der Organisation bei Pflanzen und Thieren sind ihre Functionen auch so verschieden, dass sie nur mit Schwierigkeit mit einander verglichen werden können. Der Circulations- und Respirationsapparat, der Magen und die Därme, die Leber, die Nieren, namentlich aber das Gehirn und die Nerven, von welchen man bei den Pflanzen keine Spur findet, ziehen zwischen den Functionen der Pflanzen und Thiere eine scharfe Grenze; und wenn sie mehre vegetative Thätigkeiten mit einander theilen, Stoffe aufnehmen und verarbeiten, und gewisse ähnliche Produkte erzeugen: in den übrigen Functionen sind sie durchaus von einander verschieden.

Man hat es in den letztern Jahren häufig als Naturgesetz ausgesprochen, dass die Pflanzen die organischen Stoffe bereiten, während die Thiere sie verbrauchen. Ein Blick auf das Kapitel, in welchem die Formbestandtheile erörtert sind, widerspricht diesem Gesetze und raubt ihm jede Grundlage. Dieses Gesetz gehört zu den *neuen* Naturgesetzen, nicht zu den *alten*; an den *neuen* ist unsere Zeit sehr reich.

Der Hauptcharakter des organischen Reichs liegt in dem unaufhörlichen Wechsel der in demselben enthaltenen Stoffe. Wenn wir eine Substanz im Pflanzenreich kennten, die fortwährend im Zustande der Umsetzung verkehrte, so hätte man wenigstens *einen* Punkt, von welchem man bei der Erklärung des Stoffwechsels ausgehen könnte. Es handelt sich nicht darum, aus der Umsetzung dieser *einen* Substanz der Entstehung aller übrigen auf dem Fuss zu folgen: es wäre schon viel gewonnen, wenn wir mit Bestimmtheit eine Grundursache aufweisen könnten. In der Meteorologie bezweifelt es Niemand mehr — und es war dies eine wichtige Entdeckung der neueren Zeit — dass die Wärme der Sonne die einzige Quelle der Aenderung der Witterung ist, während doch Niemand es wagen wird, jede Veränderung aus diesem unumstösslichen Princip durch die ganze Reihe der Ursachen und Wirkungen hindurch abzuleiten.

Die Kenntniss einer Substanz, die ihrer Art nach im Wechsel begriffen sein müsste und im organischen Reich allgemein vorkäme, würde von Wichtigkeit sein. Eine solche Substanz könnte ja als ein Heerd von Thätigkeit betrachtet werden, und aller durch dieselbe erzeugte Stoffwechsel dürfte dann mit Recht ein neuer Mittelpunkt neuer Thätigkeit heissen. Mit anderen Worten: wenn die Wissenschaft im Pflanzenreich eine Substanz aufzuweisen vermöchte, die fortwährend im Zustande der Umsetzung begriffen wäre, so hätte man eine kräftige Stütze für den Begriff der Lebensthätigkeit, wie wir glaubten diesen auffassen zu dürfen (I. Kapitel).

Es sind viele Gründe vorhanden, um in dem Pflanzenreich als die erste Quelle chemischer Thätigkeit die nämliche Substanz anzunehmen, welche wir als solche im thierischen Organismus vorfinden; jene complexe Gruppe nämlich, welche wir Protein nennen.

Mit Unrecht behauptet man, dass sie von den Pflanzen bereitet und von den Thieren verbraucht werde; denn wenn es gleich wahr ist, dass sie von den Pflanzen bereitet wird, während die Thiere sie wahrscheinlich nicht bereiten, sondern ver-

brauchen, so verbrauchen doch die Pflanzen gleichfalls eine grosse Menge des von ihnen bereiteten Proteins.

Die von *Payen* in den Wurzelspitzen der Pflanzen aufgefundene stickstoffhaltige Substanz (S. 703) ist ohne Zweifel eine Proteinverbindung; welche aber, wissen wir nicht; allein dies ist auch für unseren gegenwärtigen Zweck gleichgültig, da *allen* Proteinverbindungen die Eigenschaft zukommt, unter den Verhältnissen, unter welchen der Stoffwechsel in den Pflanzen vor sich geht, in neue Körper zerlegt zu werden. Es wird höchst wahrscheinlich an keinem anderen Orte als in den Zäserchen bereitet. So viel steht wenigstens fest, dass es dort bereitet wird, denn es wird da gefunden. Dass von ihm das Chlorophyll sowohl wie die übrigen stickstoffhaltigen Körper ihren Stickstoff erhalten, ist ebenso wahrscheinlich, wie dass die Gallerte und das Chondrin bei den Thieren dem Protein ihren Stickstoff entnehmen. Aber ausserdem muss es durch seine Zersetzung, wenn es wirklich die Quelle der Thätigkeit in den Pflanzen ist, an allen den Stellen der Menge nach abnehmen, an welchen es in der Weise in seine Bestandtheile zerlegt wird, dass Ammoniaksalze aus seinem Stickstoff entstehen, oder Ammoniak gasförmig entweicht. (Vgl. Aushauchung der Pflanzen.)

Payen[1]) fand es fast überall in den Pflanzen, allein in sehr verschiedener Menge. Bei der Untersuchung der Formbestandtheile der Pflanzen haben wir es ebenfalls oft angetroffen, und ausserdem wissen wir, dass es sehr oft als Zelleninhalt vorkommt. Das allgemeine Vorkommen weist also auf einen allgemeinen Nutzen hin, und dieser kann, abgesehen von dem Theil, welcher in dem Samen und anderen Organen zurückbleibt, wohl in nichts anderem bestehen, als dass es eine Quelle des Stoffwechsels darstellt.

Es ist sehr beachtenswerth, dass es in den Wurzelspitzen gebildet und an anderen Stellen zum Theil wieder verbraucht

[1]) *Mém. sur le développement des végétaux.* p. 17.

und zersetzt wird. In dieser Hinsicht sind diese Wurzelfasern den übrigen Pflanzentheilen direkt entgegengesetzt, und sie verdienen deshalb besonders berücksichtigt zu werden.

Sind diese Wurzelfasern denn so ganz eigenthümliche Organe? Keineswegs, es sind nur Zellenreihen, an welchen hinsichtlich der Form nichts Besonderes zu bemerken ist. Sie verkehren aber unter ganz eigenthümlichen Verhältnissen, und unterscheiden sich grade dadurch von allen anderen Pflanzenzellen. Der in Thätigkeit, d. h. der im Zustande der Umsetzung befindliche Inhalt der Zellen der Wurzelfasern, wird mit einer sehr complexen Gruppe ebenfalls in Umsetzung begriffener organischer Körper des Bodens vermischt, und aus dieser Vermischung müssen nothwendiger Weise eigenthümliche Stoffe hervorgehen, die an keinem anderen Orte in der Pflanze bereitet werden können, weil eben jene Verhältnisse sich an keinem anderen Orte der Pflanze wiederholen. Da nun das Protein in den äussersten Wurzelspitzen gefunden wurde, und nicht von anderswo hinzugeführt sein kann, *muss es unmittelbar aus den organischen Ammoniaksalzen des Bodens bereitet werden*. Diese organischen Stoffe des Bodens nannte ich deshalb unentbehrlich. (Vgl. oben S. 706.)

Von hier aus wird das Protein durch die ganze Pflanze hingeführt, jedoch nicht ohne dass es hier und da verändert würde oder an Menge abnähme, oder neue Produkte bilden sollte. Zum Theil wird es unverändert in einer in Wasser löslichen Form den jugendlichen Aesten zugeführt, wo es dann in die Früchte und Blätter zum Theil als solches abgelagert, zum Theil umgesetzt wird und neue Produkte bildet. Sowohl im Gurkensaft, wie unter den durch Auswaschen mit Wasser aus einem Hollunderzweige gesammelten Stoffen fand *Payen* stickstoffhaltige Körper. Weiter gaben der Ast einer Eiche, eines Maulbeerbaums, eines Feigenbaums, einer Linde, einer Pappel, und viele andere alle Ammoniak bei der trocknen Destillation. Es ist zu bedauern, dass *Payen* nicht näher untersucht hat, welcher stickstoffhaltige Körper in ihnen vorkommt, denn es ist klar, dass es nicht *eine*

einzige Substanz sein wird. Seine Versuche geben darüber keinen Aufschluss. Dass aber Protein in allen Pflanzentheilen ohne Unterschied zugegen ist, berechtigt uns, einen Theil des von *Payen* erhaltenen Ammoniaks diesem zuzuschreiben; ich sah es *niemals* fehlen.

Dass in der einen Pflanze diese stickstoffhaltige Gruppe viel reichlicher vertreten ist, als in der anderen, ist bekannt. So arm die Coniferen in dieser Hinsicht sind, so reich sind dagegen die Gramineen. Unter den ökonomisch benutzten Pflanzen giebt es fast keine, die so reich an Eiweiss sind, wie die Kohlarten, weshalb sie, wie die Getreidearten ausgezeichnete Nahrungsstoffe sind. Der Kohlsaft von Wirsing (Savoyerkohl) giebt beim Erwärmen ein sehr reichliches Eiweiss-coagulum; aber jeder frische Pflanzensaft liefert es in grösserer oder geringerer Menge. Diesem Gehalte an stickstoffhaltigen Substanzen in den Pflanzen muss also der Stickstoffgehalt des Bodens entsprechen, und die stickstoffreichen Pflanzen bedürfen demnach eines an organischen Ammoniaksalzen reichen Düngers.

Obgleich es für jetzt durchaus nicht erwiesen ist, dass ein eiweissartiger Körper der einzige in Umsetzung begriffene ist, und also als die erste Quelle von Thätigkeit in den Pflanzen betrachtet werden muss, darf man doch so viel für ausgemacht halten, dass er in dieser Rücksicht eine Hauptrolle spielt. Dagegen lässt sich nun nicht einwerfen, dass jener eiweissartige Körper in den Pflanzen *bereitet* wird, und also nicht zugleich gebildet und zersetzt werden kann. Wenn dies an der nämlichen Stelle, in den nämlichen Zellenreihen geschähe, so würde darin allerdings ein Widerspruch liegen. Allein während er in den äussersten Wurzelspitzen gebildet wird, lässt sich recht gut denken, dass er anderswo zersetzt werde.

Dies müssen wir festhalten, dass es in dem Pflanzenreich eine allgemein verbreitete Substanz giebt, die, indem sie in den Wurzelspitzen gebildet und zum Theil in der Pflanze zersetzt wird, den Grund abgiebt zu dem in den Pflanzen stattfindenden Stoffwechsel.

Es ist aber zur Erklärung der Erscheinungen des Pflanzenreichs noch eine zweite Substanz erforderlich, diejenige nämlich, durch welche jene mannigfaltigen Desoxydationserscheinungen bedingt werden, durch welche phosphorsaure und schwefelsaure Salze zersetzt, Metallsalze reducirt werden, durch welche die Kohlensäure frei wird. Es ist möglich, dass der Grund jener Desoxydation ursprünglich mehreren Stoffen zugeschrieben werden muss, man sieht aber, dass es nur eines einzigen Stoffs dazu bedürfte. Wenn uns eine einzige Substanz bekannt wäre, welche die organischen Elemente ebenso dazu praedisponiren könnte, Sauerstoff *abzugeben*, wie wir von der erhöhten Temperatur wissen, dass sie die Elemente dazu befähigen kann, Sauerstoff *aufzunehmen*, so wären wir dadurch um einen wichtigen Schritt weiter gekommen. Wir kennen aber einen solchen Körper nur muthmaasslicher Weise. Ich glaube nämlich, dass *Scheele's* Seifenstoff in dieser Hinsicht unserer Beachtung werth ist [1]. Er ist erstlich weitverbreitet, sodann leicht wandelbar, er nimmt rasch Sauerstoff auf, und er gehört also ohne Zweifel zu denjenigen Stoffen des Pflanzenreichs, welche die mannigfaltigen Desoxydationserscheinungen erzeugen können.

Möge nun *Scheele's* Seifenstoff diese Substanz sein, oder nicht, es muss jedenfalls eine solche geben, die in den Wurzelfasern geradeso wie das Protein gebildet wird, sich von dorther durch die ganze Pflanze verbreitet, und auf alle Körper, mit denen sie in Berührung kommt in der Weise einwirkt, dass sie Sauerstoff entbinden, den Sauerstoff selbst aber zum Entweichen bestimmt.

Dass jene Substanz nicht aus der durch die Blätter eintretenden Nahrung, nicht aus der sauerstoffreichen Kohlensäure entstehen kann, liegt auf der Hand. Sie kann nur aus der organischen Nahrung des Bodens gebildet werden, und indem sie

[1]) Ich betrachte ihn hier als eine einzige organische Gruppe, wenn es gleich nicht bewiesen ist, dass sich nicht mehre Stoffe in demselben finden.

in der Wurzel bereitet und von dorther hinaufbewegt wird, durch die ganze Pflanze ihren Einfluss verbreiten.

Es ist ein wichtiges Problem, die Natur dieser Substanz zu erforschen; wie sie aber auch heissen mag, wir kennen schon jetzt ihren Hauptcharakter vollkommen: sie lähmt nämlich den Sauerstoff, und sie raubt dem Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff die Eigenschaft, sich mit Sauerstoff zu verbinden oder damit verbunden zu bleiben.

Wenn nun aber *Protein* in den Pflanzen bereitet, und zum Theil zur Erregung des Stoffwechsels verwendet wird; wenn der *Seifenstoff* sich in den Pflanzen bildet und zum Theil die Neigung zur Desoxydation bedingt: wodurch werden dann am Ende jenes Protein und jener Seifenstoff gebildet? Ich will den ersteren Theil der Frage einigermaassen zu beleuchten versuchen.

Wenn das Protein in den Wurzelfasern einmal in der Entstehung begriffen ist, und wenn es aus den ulminsauren, huminsauren, geinsauren, quellsatzsauren und quellsauren Ammoniaksalzen der Ackererde entsteht, dann lässt sich die Fortdauer jener Bildung *in* und *durch* sich selbst grade so denken, wie die Fortdauer aller Thätigkeit in der Natur *in* und *durch* sich selbst. Ich benutze schon wieder das Beispiel der Hefe, weil diese gleichsam eine Zwischenstufe zwischen Tod und Leben einnimmt. Wenn sich eine einzige Gährungszelle in einer in Gährung gerathenen Flüssigkeit gebildet hat, dann ist der Weg geöffnet, auf welchem sich mehre, viele derselben bilden, und in kurzer Zeit sind unzählige vorhanden. Erzeugt nun das Eine das Andere? Wir sahen (S. 87), dass organische Wesen *nicht* erzeugen. Die Verhältnisse, unter welchen sich die eine Gährungszelle gebildet hat, werden *durch* und *bei* jener Erzeugung unterstützt und erhalten. Die Entstehung einer zweiten Zelle ist also die unmittelbare Folge der Fortdauer jener Verhältnisse, und diese Folgen werden nun fortgesetzt bis zur Entstehung der letzten Gährungszelle aus dem vorhandenen Materiale.

Wenn nun die in der Entstehung begriffene Gährungszelle

die zu jener Bildung günstigen Verhältnisse nach zwei, nach vielen Richtungen unterstützt, werden die in jener Richtung vorhandenen Stoffe zu gleicher Zeit afficirt, und der einen Zelle werden in kurzer Zeit zwei und viele folgen; jede dieser Zellen giebt den Verhältnissen wieder die nämliche Richtung, und die unmittelbare Folge ist eine sehr rasch wachsende Vermehrung der Zellen.

Wenn wir dies nun von den Gährungszellen auf die Zellen der Wurzelfasern übertragen, so haben wir wenigstens eine ungefähre Vorstellung von der Bildung des Proteins und der Fortdauer dieser Bildung in den Wurzelfasern. Sie fällt ohne Zweifel mit der Bildung der Zellen der Wurzelfasern selbst zusammen, und sie findet, gleichwie diese Zellen ihre Baustoffe in den mit anorganischen Stoffen vermischten organischen Salzen des Bodens, grade so wie die Gährungszellen ihr Material in den mit Eiweiss und Dextrin vermischten zuckerhaltigen Säften finden.

Ueber die Art und Weise, auf welche die von der Pflanze aufgenommene Kohlensäure in den Kreis des Stoffwechsels hereingezogen und in Nahrung verwandelt wird, wissen wir durchaus nichts. Lange war die Thatsache bekannt und allgemein anerkannt, dass die Pflanzen die Kohlensäure zersetzen könnten, und dass also daraus auch in den Pflanzen vorfindliche Stoffe gebildet werden müssten. Und wenn auch *Ingenhouss* dies schon bemerkt hatte, *Liebig* hat doch zuerst allgemein die Aufmerksamkeit der Physiologen dahin gelenkt, so dass man dies beherzigt hat. Man hat dadurch aber nicht mehr zu Tage gefördert, als eben diese allgemeine Erkenntniss, dass die organischen Bestandtheile des Bodens zum Wachsthum der Pflanzen nicht hinreichen, dass die Pflanzen also aus der Atmosphäre schöpfen müssen, aus ihr aber nur Wasser, Kohlensäure, Sauerstoff (und Stickstoff) erhalten können. Ich nenne es aber einen wichtigen Dienst, den *Liebig* der Wissenschaft leistete, indem er diese bekannten Thatsachen auf eine klare Weise dem Bewusstsein einverleibte.

Wie die Kohlensäure in den Pflanzen verwandelt wird, was aus ihr wird und wodurch sie die Veränderungen erleidet, ist, wie ich sagte, unbekannt. Man kann sich dies aber im Allgemeinen vorstellen. Nach dem jetzigen Zustande der Wissenschaft darf man nämlich manchen Pflanzenstoffen eben eine umgekehrte Wirkung auf die Kohlensäure und das Wasser zuschreiben, als von porösen Körpern, z. B. Bimsstein, zumal Platinschwamm, bei einer etwas erhöhten Temperatur, auf Weinsteinsäure, Citronensäure, Oel, Butter und andere ausgeübt wird (*Reiset* und *Millon* in Ann. de chim. et de phys., Juillet 1843, p. 280). Diese werden alle in Kohlensäure und Wasser zerlegt, und zwar nach unserer jetzigen Ausdrucksweise, durch einen chemischen Eindruck, welchen die Stoffe vom Bimsstein, vom Platinschwamm erfahren, wenn sie bis zu einer gewissen Temperatur erhöht sind, mit anderen Worten durch das, was wir Katalyse zu nennen pflegen (S. 43). Mit Olivenöl geschieht dies schon bei 80^0, mit Butter bei 90^0. Gewisse Pflanzenstoffe scheinen nun gerade das Umgekehrte zu thun. Wenn die Wurzeln der Pflanze kohlensäurehaltiges Wasser aufgesogen haben, so entweicht durch die Blätter keine Kohlensäure, sondern Sauerstoff. Die von den Blättern aufgenommene und festgehaltene Kohlensäure wird unter ähnlichen Einflüssen in Pflanzenstoffe verwandelt.

An dieser Thatsache lässt sich nicht zweifeln; aber weiter sind wir noch nicht gekommen, und da die Wissenschaft bis in die Einzelnheiten hinabsteigen muss, wenn sie anders befriedigen soll, so müssen wir gestehen, dass wir in dieser Hinsicht noch völlig unwissend sind.

Ich kann indess meine Verwunderung nicht verhehlen über die Zufriedenheit, welche man auf der einen Seite hinsichtlich der Kenntniss anderer gleich dunkler Erscheinungen an den Tag legt, und über die Anforderungen, welche man an die Wissenschaft des Lebens stellt. Von der Gährung glaubt man, sie sei gut erklärt, indem wir wissen, dass die Hefe den Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt. Verstehen wir indess diese

Zerlegung? Wir müssen gestehen, dass dies durchaus nicht der Fall ist; sondern wir erkennen sie, weil wir sie sehen.

Wenn wir nun unter dem Einfluss einer anderen Substanz nicht eine *Zerlegung*, sondern eine *Verbindung* von Alkohol und Zucker entstehen sähen, würden wir die dann weniger begreifen? Gewiss nicht, denn unter dem *Nicht*-begreifen giebt es kein Weniger.

Fordern wir indess das *Begreifen* nicht, weil wir keine Wirkung der Natur so tief ergründet haben, dass wir davon einen reinen, einen vollkommenen *Begriff* erhalten hätten; begnügen wir uns damit, wenn wir eine gewisse *Form* der *Vorstellung* dafür haben, so sind uns beide Vorstellungen gleichviel werth, ob wir zum Alkohol die Kohlensäure addiren, um Zucker zu erhalten, oder vom Zucker die Kohlensäure subtrahiren:

$$\begin{array}{r} C^{12}\ H^{24}\ O^{12} \\ C^{4}\qquad O^{8} \\ \hline C^{8}\ H^{24}\ O^{4} \end{array} \qquad \begin{array}{r} C^{8}\ H^{24}\ O^{4} \\ C^{4}\qquad O^{8} \\ \hline C^{12}\ H^{24}\ O^{12} \end{array}$$

Die Aufgabe der Pflanzenchemie ist also hinsichtlich der Kohlensäure noch zu zeigen, in welchen Kreis von Stoffen jene Kohlensäure aufgenommen, und mit welchen Gruppen sie in den Pflanzen zu mehr zusammengesetzten verbunden wird.

Schon aus den älteren Versuchen von *Ingenhouss* und Anderen war hervorgegangen — und alle spätere Forscher haben es bestätigt — dass die Kohlensäure nicht im Finstern, sondern unter dem Einflusse des Sonnenlichts zerlegt wird, dass nicht im Finstern, sondern in dem Sonnenlichte aus den Blättern und anderen grünen Pflanzentheilen Sauerstoff entweicht.

Daraus gehen zwei wichtige Folgerungen hervor: 1⁰ dass nur die Pflanzentheile, welche entweder dünn sind, oder das Licht hindurchlassen, die Zerlegung der Kohlensäure veranlassen, und dass es also namentlich die Blätter sind, in welchen jene Zersetzung stattfinden muss; 2⁰ dass die Kohlensäure, welche mit dem Regenwasser in die Wurzeln übertritt, weil sie im Innern der Pflanze dem Lichte nicht zugänglich ist, dort auch nicht zerlegt werden kann, sondern, den Theil abgerechnet, der

an der Oberfläche der Stengel dem Lichte ausgesetzt ist, in die Blätter aufsteigen muss, damit sie dort dem Lichte ausgesetzt und zerlegt werde.

Die desoxydirende Substanz aber, welche die Kohlensäure in den Blättern unter dem Einflusse des Lichtes zersetzt, kann ohne die Mitwirkung des Lichts im Innern der Pflanze aus organischen Gruppen recht wohl andere Desoxydationsprodukte erzeugen und aus sauerstoffreicheren sauerstoffärmere Körper bilden.

Wir dürfen also die nachstehenden Regeln aufstellen:

a. Wir kennen keine einzige vegetabilische Substanz, die so viel Sauerstoff enthielte, wie die Kohlensäure; — im Gegentheil es giebt deren viele, die sauerstofffrei sind. Es ist also in den Pflanzen eine Neigung zur Desoxydation vorhanden.

b. Die absorbirte Kohlensäure giebt an und für sich keine neue Verbindung, sondern sie bedarf zu dem Ende anderer Körper.

c. Dass bloss das Wasser dazu hinreichen sollte, ist unwahrscheinlich.

d. Eine kleine Quantität organischer Körper in dem Boden ist für das Wachsthum der Pflanzen unentbehrlich; vielleicht geht von diesen Stoffen, die ausserhalb der Pflanzen fortwährend oxydirt werden können, die erste Einwirkung auf die Kohlensäure aus, vermöge welcher ihr Sauerstoff entzogen wird.

e. So wie bei der Erwärmung die Fähigkeit sich zu oxydiren gefördert wird, so ist dies bei dem Wachsthum der Pflanzen mit der Desoxydation der Fall. Und gleichwie die Oxydation in gewissen Körpern Oxydation in jenen anderen erzeugt, so geschieht dies auch mit der Desoxydation im Pflanzenreich.

f. Wenn wir also nur *eine* allgemein in den Pflanzen vorkommende Substanz kennten, welche in dem Zellensafte aufgelöst ist und ihrer Natur gemäss im Zustande der Desoxydation verkehrt, grade so wie Schwefelkalium im Zustande der Oxydation begriffen ist, so wäre daraus jene allgemeine Neigung

der Pflanzen zur Desoxydation erklärt; allein für jetzt kennen wir sie nicht.

g. Von welcher Substanz nun aber auch jene desoxydirende Wirkung ursprünglich ausgehen mag: die Erscheinungen sprechen deutlich, sowohl in der Reduction von Metallsalzen zu Metall und niedriger oxydirten Verbindungen, wie in der Erzeugung der Fette, der aetherischen Oele, und in der Ausscheidung des Sauerstoffs selbst durch die grünen Pflanzentheile.

h. In *Organen* als solchen suchen wir diese Wirkung nicht, sondern in *Substanzen*, welche in den Pflanzen zugegen sind; alle pflanzliche Produkte, mögen sie nun eine Form besitzen oder amorph sein, sind ja Erzeugnisse der Einwirkung von Stoffen auf Stoffe.

Aus der Natur und der Zusammensetzung sehr vieler allgemeiner, allen oder den meisten Pflanzen eigener Stoffe ergiebt sich sogleich, dass die Nahrung der meisten Pflanzen in den meisten Fällen die nämliche Umsetzung erleiden muss, wenn aus ihr jene allgemeinen Stoffe gebildet werden sollen. Die Cellulose, das Eiweiss, der Pflanzenschleim, die Stärke, das Chlorophyll, die Substanz, welche die Cellulose incrustirt, und noch andere sind so viele Körper, die nur selten in den Pflanzen fehlen. Die Natur ist wohl in ihren Modificationen zusammengesetzt, aber in ihren Elementen einfach; das Reich der Thiere und der Pflanzen beide werden durch wenige Hauptstoffe gebaut (vgl. Cap. VII.). Allein grade dadurch wird es schwieriger, die grosse Verschiedenheit in den besonderen Produkten zu erforschen, dass die nämlichen Grundstoffe, durch welche das Ganze der Masse nach gebildet wird, so allgemein verbreitet sind. Die Hauptmasse einer Eiche oder einer Fichte ist incrustirte Cellulose, und dennoch ist die erstere, die neben der letzteren steht, mit Gerbsäure, die letztere mit einem flüchtigen Oele und daraus entstandenem Harze gefüllt. Aus der nämlichen Nahrung entstehen also sowohl die nämlichen wie verschiedene Stoffe, und dies kann von nichts Anderem herrühren, als

von einem Unterschiede in der Zusammensetzung der scheinbar gleichen Massen, oder von dem Unterschiede in der Zusammensetzung der im Samen der Pflanzen (wenn auch in sehr kleiner Menge) vorhandenen Stoffe, wodurch — bei grosser Aehnlichkeit in den Produkten — doch vom Anfange der Entwicklung an, eine gewisse Verschiedenheit in der Form und in den Produkten zu Stande kommt, die, nachdem sie einmal entstanden ist, das ganze Leben der Pflanzen hindurch erhalten wird und auf die späteren Generationen übergeht, weil aus denselben Pflanzen die nämlichen Früchte mit den nämlichen Stoffen entstehen. Das rohe Ergebniss chemischer Analysen, dass verschiedene Holzarten einander in ihrer Zusammensetzung nahe stehen, oder dass verschiedene Pflanzengewebe, nachdem sie mit verschiedenen Solventien ausgezogen sind, immer die nämliche Cellulose geben, lehrt uns nichts über die wahre Zusammensetzung jener activen Substanz, welche auf die Metamorphose der Nahrungsstoffe einwirkt und diese hervorbringt. Solche chemische Untersuchungen können nicht dazu dienen, irgend eine Function zu erklären, und sie lehren uns, wie mangelhaft unsere Kenntniss der Natur bisher geblieben ist.

In der Verwandlung, welche die chemischen Körper, aus denen Pflanzen und Thiere bestehen, erleiden, übersehen wir zu sehr, was geschehen muss, wenn sie, ohne durch irgend eine Ursache von aussenher afficirt zu werden, einfach eine Zeit lang in gegenseitiger Berührung gewesen sind. In den Pflanzen finden wir eine verdünnte wässrige Lösung verschiedener Stoffe, die Monate, Jahre lang in geschlossenen häutigen Schläuchen verweilen; in den Thieren fliesst wieder ein anderes Gemenge, in Röhren eingeschlossen; in den Pflanzen ist jene Flüssigkeit den Einflüssen der Atmosphäre, und im Sommer einer bedeutenden Temperaturerhöhung, bei den Thieren einer für jede Thierart ziemlich constanten Temperatur ausgesetzt.

Was findet statt, wenn wir einen Pflanzensaft der Sonnenwärme oder menschliches Blut einer Temperatur von 37°, 5. aussetzen?

Weit entfernt, dass ich in der chemischen Umsetzung, welche die in den beiden Flüssigkeiten gelösten Stoffe dann erleiden werden, die einzige Quelle der Lebensthätigkeit suchen sollte, da ja die festen Theile gleichfalls umgesetzt werden, glaube ich doch, dass darin eine wichtige Quelle von Lebensthätigkeit gesucht werden muss. Ausserhalb des thierischen Körpers werden in kurzer Zeit die in dem Blute gelösten Substanzen zersetzt werden, kraft der in den Molecülen, aus welchen sie bestehen, vorhandenen Kräfte. Die Zersetzung wird durch die Wärme erregt, durch die Luft unterstützt werden, und wird erst da auf ihre Grenzen stossen, wenn alle die organischen Bestandtheile in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verwandelt sind. Bevor aber diese äussersten Produkte entstehen, werden unzählig viele Zwischensubstanzen bereitet werden: die aus der Luft ausgesetztem Fibrin entstehende Buttersäure (*Wurtz* Journ. de pharm. et de chim. Août 1844 p. 122) kann statt vieler ein Beispiel abgeben.

Zum Theil müssen in dem thierischen Körper die nämlichen, zum Theil andere Produkte, als die, welche ausserhalb des Körpers gebildet werden, aus den Stoffen des Bluts entstehen. Indem das in einem Systeme geschlossener Röhren enthaltene Blut in diesen, mit einer Temperatur von 37,5 ⁰ versehen, kreist und mit der Luft in den Lungen in Contact kommt, muss alles, was einer chemischen Umsetzung fähig ist, in diese versetzt werden, und in dem Zustande der Umwandlung verharren. Dieses in der Umsetzung begriffene Blut verlässt die Capillargefässe als Nahrungssaft und trifft dort auf weiche Gewebe, die ebenfalls bis auf 37,5 ⁰ erwärmt sind und also in dem Zustande der Zersetzung verkehren. In wenigen Tagen wird ja bei 37,5⁰ der Luft ausgesetztes Fleisch zersetzt. Eine Zersetzung der Muskelsubstanz, und gradeso aller Stoffe, findet auch *in* dem Thierkörper statt, wenn sie auch von derjenigen, welche ausserhalb des Körpers vor sich geht, verschieden ist. Und so kommt denn in der Zersetzung begriffenes Blut in Berührung mit in der Zersetzung begriffenen Geweben, und daraus ent-

steht eine Wechselwirkung, aus welcher neue Umwandlungen beider hervorgehen.

Es ist recht zu bedauern, dass man so viele Jahre hindurch zwischen der sogenannten todten und lebenden Natur einen Gegensatz gesehen hat. Trotz einer grossen Verschiedenheit in den Produkten giebt es sehr viele Aehnlichkeiten zwischen den innerhalb und ausserhalb des Körpers stattfindenden Veränderungen. Und wie gross auch immerhin jene Verschiedenheit sein mag, die Grundursache der Zersetzung der organischen Stoffe ist innerhalb wie ausserhalb des organischen Körpers durchaus die nämliche; sie liegt nämlich in den Kräften, welche den Elementen, aus denen sie zusammengesetzt sind, einwohnen.

Es ist nur die Frage, wie die Verhältnisse verschieden sind, denen die nämlichen Stoffe ausgesetzt werden. Bei vollkommener Ruhe entstehen aus organischen Stoffen, wenn sie einen bestimmten Grad von Feuchtigkeit und von Temperatur haben, Produkte, die wir bald Gährungsprodukte, bald Produkte der Verwesung oder der Fäulniss nennen; bei der Bewegung in einem Systeme geschlossener Röhren und bei der Berührung mit anderen Körpern entstehen wieder andere Produkte; diese Produkte sind aber andere, nicht weil die *Natur* der Zersetzung verschieden ist, sondern weil die *Verhältnisse*, unter denen die Zersetzung statt findet, sich von einander unterscheiden. In stillstehendem Wasser z. B. und in den Eingeweiden der Säugethiere bilden sich aus organischen Körpern und schwefelsauren Salzen die nämlichen gasförmigen Produkte, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Kohlensäure, Kohlenoxydgas; der Sauerstoff der vorhandenen Luft verschwindet und es bleibt nur Stickstoff zurück.

In dem durch den thierischen Körper kreisenden Blute sind die Verhältnisse ganz andere, und demgemäss ist auch die Zersetzung verschieden. Allein eine Zersetzung findet doch statt und zwar in Folge der nämlichen Ursachen, welche in stillestehendem Wasser oder in den Eingeweiden der Säugethiere die soeben genannten Gasarten entwickelten.

Einen unbeschränkten Einfluss übt die Wärme auf die Veränderung der chemischen Kräfte der Grundstoffe aus, und demnach auch auf die Modification der Zusammensetzung der Composita. Die trockne Destillation lehrt es uns, durch welche wir aus der nämlichen zusammengesetzten Substanz bei verschiedenen Temperaturgraden ganz andere Körper hervorrufen.

Ebenso verhält es sich im thierischen Körper. In der Leber und in der Speiseröhre muss, weil sie stets der nämlichen Temperatur ausgesetzt sind, ein anderer Einfluss der Wärme auf die Veränderung der Elemente des Bluts stattfinden, als in der Haut, in welcher die Temperatur wechselt. Diese Verschiedenheit wirkt aber rückwärts auf den ganzen Organismus; denn das System der überall verbreiteten Blutgefässe setzt einen gegenseitigen Zusammenhang für alle Theile.

Den nämlichen Einfluss äussert auch die verschiedene Eigenwärme der verschiedenen Thierklassen, und wie diese Wärme zum Theil die Folge ist eines chemischen Stoffwechsels, so geht umgekehrt daraus für jenen Stoffwechsel eine bestimmte Richtung hervor. Die Zersetzungsprodukte des Bluts der Reptilien sind also — wir sehen *jetzt* von anderen Gründen ab — schon deshalb von denen der Vögel und Säugethiere verschieden, weil die Wärme für dieselben verschieden ist.

In dem Pflanzenreich findet zwischen den Theilen des Ganzen ein viel lockererer Zusammenhang statt, indem keine durch ein centrales Organ bedingte Circulation in ihnen vor sich geht. Allein wir erkennen dennoch die nämlichen Grundursachen der Thätigkeit in denselben, wie in den Thieren; nämlich den unaufhörlichen Stoffwechsel, wenn die Wärme die Elemente, aus denen die Composita bestehen, nur dazu disponirt. Ein Pflanzensaft, der ausserhalb der Pflanzen gährt, kann in den Pflanzenzellen nicht in Ruhe sein. Seine Bestandtheile wechseln ebenfalls, aber anders als bei der Gährung, weil die Verhältnisse und der Stoff, der wechselt, verschieden sind. Die niedrigere Temperatur lähmt die Gährung und die Funktionen der Pflanzen; die Sommerwärme ruft beide ins Leben. Und grade so wie die

Circulation bei den Thieren, mittelst des Herzens in Bewegung versetzt, eine Aehnlichkeit in den Produkten erzeugt, und eine Einfachheit der Wirkungen darstellt, so ist der Mangel eines solchen Circulationsapparats bei den Pflanzen die Ursache jener grenzenlosen Verschiedenheit in den organischen Produkten, auf welche wir in den Pflanzen stossen. Es wird überall ein Theil des allgemeinen Nahrungssaftes dem Einflusse des Ueberrestes entzogen, und indem dieser in eigenen Räumen eingeschlossen und eigenthümlichen Einflüssen unterworfen ist, kann er einen eigenthümlichen Stoffwechsel erfahren, der sich durch ganz eigenthümliche Produkte offenbart.

Ausser der gegenseitigen Vermischung heterogener Stoffe in den verschiedenen Pflanzenzellen, die, indem sie mit einander in Berührung sind, Anlass zum Stoffwechsel geben muss; ausser der Sommerwärme, die sich mit einer Digestionstemperatur vergleichen lässt, giebt es noch eine andere wichtige Quelle chemischer Thätigkeit in den Stoffen, welche in den Pflanzenzellen in löslichem Zustande enthalten sind: das Licht nämlich, welches die Pflanzen bescheint. Die anorganische Chemie kann Beispiele anführen, in welchen sich durch die blosse Einwirkung des Lichts einfache Körper zu zusammengesetzten verbinden: Cl^2 und H^2 verbinden sich nämlich dadurch zu $Cl^2 H^2$, und wenn wir also sehen, dass Kohlensäure und Wasser in den Blättern unter dem Einflusse des Lichts Sauerstoff abgeben, und neue Körper, z. B. Wachs und andere bilden, so ist dies eine Thätigkeit, welche sich an diejenige anschliesst, die wir am Chlor und Wasserstoff beobachten können. Das Licht ist also ein kräftiges Mittel zur Erzeugung chemischer Thätigkeit in den Pflanzen, eine Quelle vielfacher Umsetzung der Stoffe, eine Ursache wichtiger Funktionen im Pflanzenreich.

Dass indess dieses Licht seinen Einfluss nur auf die Oberfläche und in durchsichtigen oder dünnen Theilen ausübt, wurde oben schon bemerkt. Wenn aber an bestimmten Stellen unter dem Einflusse des Lichts eigenthümliche Substanzen entstanden sind, so werden diese leicht durch endosmotischen Austausch

anderen Pflanzentheilen zugeführt, um dort einen neuen Stoffwechsel zu erzeugen.

Es giebt eine eigene Ursache des Stoffwechsels in den Pflanzenzellen, die ohne Zweifel einem Zusammenfluss kleiner Ursachen, einer Verschiedenheit in der Temperatur und dem Licht, der Verdunstung und dem endosmotischen Austausch zugeschrieben werden muss, aber die, woher sie auch rühren möge, als eine wichtige Quelle neuen Stoffwechsels erscheint: nämlich die sogenannte *Brown*'sche *Bewegung*. Es ist merkwürdig zu sehen, wie in einem klaren Zelleninhalt kleine, in ihm enthaltene Molecüle in einer unaufhörlichen Bewegung sind, einander anziehen, um einander herumdrehen, und bisweilen in regelmässiger Richtung an der Zellenwand vorüberrollen; diese Erscheinung ist im höchsten Grade anziehend, so dass man kaum die Augen davon abwenden kann. Diese fortwährende Bewegung nun, in welcher natürlich *alle* Theile des Zelleninhalts verkehren, wenn man die *sichtbaren* in Bewegung sieht, muss auf den Stoffwechsel den mächtigsten Einfluss ausüben; sie überwindet die Trägheit der Molecüle und bringt die heterogensten in gegenseitige Berührung.

Wie nun diese Bewegung gleichfalls eine *Ursache* des Stoffwechsels ist, so kann sie auch überall, wo dieser in einem Zelleninhalt besteht, zum Theil *Folge* des Stoffwechsels sein. Dass sie indess nicht die Folge des Stoffwechsels allein ist, zeigt ihre Gegenwart bei indifferenten Stoffen, falls sie nur äusserst fein vertheilt sind.

Der einfachste Blick auf die im Pflanzenreiche vor sich gehenden Ereignisse veranlasst uns dazu, die erzeugten Stoffe unmittelbar in zwei Klassen zu vertheilen: in Stoffe, die verwandelt werden, und in solche, die verwandelt sind und keine weitere Veränderung erleiden. Ich halte diese Unterscheidung für wichtig. Ausser den ab- und ausgeschiedenen Stoffen giebt es ja sehr viele, und zwar bilden diese die Hauptmasse der festen Pflanzentheile, welche keine Veränderung mehr erleiden, nachdem sie einmal gebildet sind. Hierher gehört das ganze

Holzgewebe, das sich zwar ausdehnt und dessen Wände verdickt werden, das aber weiter keine chemische Veränderung mehr erfährt.

Darin unterscheiden sich die Pflanzen also wesentlich von den Thieren, deren Formbestandtheile, mit Ausnahme des Horngewebes, während des ganzen Lebens in höherem oder geringerem Maasse erneuert werden, während diese Erneuerung bei den meisten Formbestandtheilen der Pflanzen nicht *stattfindet*. Aus diesem Grunde ist es unwahr, dass man von ausgebildetem Holze sagen dürfte, es lebe; denn es geht in demselben gar keine materielle Erneuerung vor sich. Es beharrt in dem gegebenen Zustande, und zeigt bloss deshalb keine Erscheinungen der Verwesung oder Fäulniss, weil es den Einflüssen entzogen bleibt, welche diese Veränderung erzeugen könnten. Ebenso darf man von der Cuticula, den Epidermiszellen in ausgebildeten Pflanzen, ja selbst von allen, aus reiner Cellulose bestehenden, ausgebildeten Zellen nicht behaupten, dass sie leben, weil aller Stoffwechsel in denselben aufgehört hat. Es ist eine analoge Existenz, wie die der Haare und Nägel bei den Thieren. Sehr gross ist die Masse der so beschaffenen elementairen Pflanzentheile, und sehr gross ist demnach auch die Masse der Pflanzenstoffe, welche es — wenn sie auch Flüssigkeiten durchlassen und mit neuen Schichten bedeckt werden — nicht verdienen lebend zu heissen.

Die Stoffe, welche in den Pflanzen im Wechsel begriffen sind, sind dies in sehr verschiedenem Maasse. Sie gehören entweder zu denjenigen, von welchen die Grundursache des Wechsels ausgeht und erhalten wird, und diese müssen in jedem Samen sowohl wie in jedem lebenden Pflanzenorgane vorkommen; oder sie gehören zu denjenigen, welche durch die ersteren in Bewegung versetzt werden, und diese sind dann die Nahrungsstoffe und deren Produkte, so lange bis sie gewisse Grenzen erreicht haben und zur Ruhe gelangen. Wenn dieser Wechsel stets fortginge, wenn nicht bestimmte Gruppen der kräftigen Desoxydationswirkung entzogen würden: so würde das ganze Pflanzenreich in aetherische, sauerstofffreie Oele zerfallen.

So wie die Umsetzung, in welcher gewisse Pflanzenbestandtheile verkehren, eine Folge der Gegenwart von Stoffen ist, welche durch die Wärme und das Licht in chemische Umwandlung versetzt werden, und in diese Umwandlung andere Stoffe hereinziehen; so ist die Ruhe derjenigen, die nicht mehr umgesetzt werden, eine Folge 1) der Abwesenheit solcher kräftiger, in ihren Bestandtheilen stets wechselnder Gruppen, oder 2) des fehlenden Zutritts des Wassers, durch welches die Molecüle in der Bewegung erhalten werden müssen, oder endlich 3) eines gewissen Gleichgewichtszustandes der Elemente solcher Gruppen, der zu kräftig ist, um von den störenden Einflüssen afficirt zu werden.

Um die Umwandlung zu erforschen, welche die von den Pflanzen aufgenommene Nahrung erleidet, kommen die folgenden Punkte in Betracht: 1) Jene Nahrungsstoffe selbst, 2) die Art und Weise, auf welche sie von aussen in die Pflanzen gelangen; 3) die Organe, durch welche sie sich bewegen; 4) die Art und Weise, in welcher diese Fortbewegung stattfindet; 5) die festen Stoffe, welche von denselben abgeschieden werden und als Pflanzengewebe die festen Baustoffe der Pflanzen bilden; 6) der flüssige Inhalt der Zellen und Gefässe; 7) die festen, tropfbar flüssigen und luftförmigen Stoffe, die von den Pflanzen ausgeschieden werden.

Die beiden ersteren Punkte sind in dem vorigen Kapitel behandelt; was unter 3, 4, 5 und 6 erwähnt ist, soll hier erörtert werden.

Organe, durch welche sich die Nahrungsstoffe in der Pflanze bewegen.

Die Zellen und Gefässe sind die Organe, in welchen alles was zu den Nahrungsstoffen der Pflanzen gehört, enthalten sein kann, und durch welche die Bewegung derselben von der einen nach der anderen Stelle sich ereignet. Sie sind die Organe, in welchen die Umwandlung der Nahrungsstoffe vor sich gehen muss.

Zellen.

Hinsichtlich der Veränderung der von aussen aufgenommenen Stoffe vertheilen wir die Zellen in dünnwändige, die aus lauter Cellulose bestehen, und in dickwändige, die noch andere Stoffe enthalten. Die dünnwändigen sind dünne häutige Schläuche, die den Pflanzensaft und alles, was zu demselben gehört, in eine unzählige Menge verschiedener kleiner Quantitäten vertheilen. Wenn sie einmal gebildet sind, äussern sie entweder keinen, oder einen nur sehr geringen chemischen Einfluss auf den Zelleninhalt aus; sie können fast bloss als Receptacula betrachtet werden. Sie bestehen aus Cellulose, die zu einer kleinen Menge mit Basen verbunden ist, und sie enthalten keine Spur der stickstoffhaltigen Substanzen, welche in anderen Körpern Thätigkeit erregen können (S. 422 und 431). Sie haben also den Nutzen kleiner Tröge, und verhindern bei jener grossen Vertheilung, dass die Flüssigkeiten aus einer einzigen Masse bestehen. Wenn eine Pflanze eine einzige mit Flüssigkeit gefüllte Blase, eine einzige Zelle wäre, so würde es in ihr nur eine einzige Art des Stoffwechsels geben. Je grösser die Anzahl der ursprünglich mit der nämlichen Flüssigkeit gefüllten Zellen ist, desto grösser ist die Verschiedenheit des Stoffwechsels bei einer kleinen Verschiedenheit der äusseren Einflüsse.

Denken wir uns eine bloss aus Zellen bestehende Pflanze, die für einen Augenblick überall mit der nämlichen Flüssigkeit gefüllt sei. Wenn aus den äussersten Enden dieser Pflanze Flüssigkeit verdunstet und dort feste Stoffe zurückgelassen werden, muss hier eine allgemeine Verschiedenheit in der Zellenflüssigkeit anfangen, die einfach je nach der Höhe verschiedene Produkte bedingen muss. Von untenher wird stets eine dünne, wässrige Flüssigkeit zugeführt, während von obenher Wasser verdunstet. Die am meisten concentrirten Säfte werden die stärkste Umsetzung erleiden und die grösste Verschiedenheit in den neuen Produkten ergeben. Diese Zellen sind aber

häutige Schläuche, zwischen denen ein endosmotischer Austausch stattfindet; je grösser also die durch blosse Verdunstung entstehende Verschiedenheit ist, desto grösser wird auch der materielle Unterschied sein, der durch einen endosmotischen Austausch des Zelleninhaltes zu Stande kommen wird.

Pflanzen, welche nur aus Zellen bestehen, enthalten also die Stoffe, welche durch eine Wechselwirkung zwischen ihren Bestandtheilen erzeugt werden können, und sie lassen sich als eine Reihe kleiner, mit verschiedenartigen Flüssigkeiten gefüllter Tröge betrachten, als Tröge, welche ihre Flüssigkeiten gegenseitig austauschen, und dadurch also die Verschiedenheit nicht nur erhalten, sondern auch vergrössern. Alle in einer solchen Pflanze erzeugte neue Stoffe sind Produkte der Wechselwirkung zwischen den Bestandtheilen des Zellensaftes.

Es müssen hierbei aber zwei Quellen des Austausches berücksichtigt werden. Aus dem Samen, aus welchem sich die ersten Zellen einer solchen Pflanze entwickeln, wird ihr nicht nur eine Reihe von Zellen, sondern auch ein thätiger Zelleninhalt ertheilt, d. h. die neue Pflanze, welche sich aus dem Samen entwickelt, erhält in dem Zelleninhalte zugleich Stoffe, welche fortwährend in der Umsetzung begriffen sind und diese Umsetzung auf alles übertragen, was mit denselben in Berührung kommt; mit anderen Worten Stoffe, welche Thätigkeit erregen [1]). Diese Thätigkeit wird in jedem Samen auf eine eigenthümliche Weise erregt, weil die nämliche in der Umsetzung begriffene Substanz durch kleine Unterschiede kleine Wirkungen äussern muss; der Samen erzeugt die Pflanze, aber auch die Pflanze den Samen und also werden jene Unterschiede für jede Species erhalten.

Je nach der localen Verschiedenheit wird jene Bildung neuer Stoffe alsbald verschieden, indem sie durch jene äusseren Ein-

[1]) In allen Samen findet sich Protein, in einzelnen (z. B. in Phytelephas macrocarpa) so wenig, dass wir daraus ersehen, wie nur eine Spur desselben erheischt wird, um eine Quelle vielfacher chemischer Wechselwirkung darzustellen.

flüsse unterstützt wird. Und während es eine einzige Substanz giebt, welche die Thätigkeit erzeugt, sind dennoch die Produkte verschieden, weil diese nämliche Substanz sofort auf sehr verschiedene Substanzen einwirkt. Grade so wie das nämliche Feuer verschiedene Körper ganz verschieden afficirt, oder wie die nämliche Schwefelsäure, indem sie auf verschiedene Stoffe einwirkt, ganz verschiedene Folgen hat.

In den Pflanzen, welche nur aus Zellen bestehen, giebt es noch eine andere Ursache der Erzeugung neuer Stoffe in dem Zelleninhalte, eine Ursache, die aber selbst wieder abhängt von der Umsetzung eines Theiles des löslichen Eiweisses. Es ist die Bildung neuer Zellen. Diese jugendlichen Zellen entstehen aus dem Zelleninhalt, aus Dextrin, unter dem Einflusse des löslichen Pflanzeneiweisses. Die Bildung der Hefe lehrt es uns, und wenn wir auch nicht wissen, weshalb Dextrin unter dem Einflusse des löslichen Eiweisses Bläschen bildet, die Thatsache lässt sich doch nicht abläugnen, und wir erkennen sie somit als eine Thatsache.

Wenn nun in einem in der Entwicklung begriffenen Pflänzchen Dextrin in Cellulose umgewandelt wird mittelst des in dem Zustande der Verwandlung verkehrenden löslichen Eiweisses, so ist diese Bildung von Cellulose aus Dextrin selbst wiederum eine Quelle neuen Stoffwechsels, eines gestörten chemischen Gleichgewichts, die wiederum auf den Zelleninhalt zurückwirken kann, während überdies von jeder Zelle eine grosse Menge löslicher Substanz in den festen Zustand übergeführt wird, wodurch die Auflösung der in ihr gelösten Theile beraubt und zum zweiten Male die Quelle wird eines gestörten Gleichgewichts zwischen den Bestandtheilen des Zelleninhalts, des Zellensafts.

So viel über die Umsetzung der aufgenommenen Nahrungsstoffe in den *dünnwändigen* Zellen der Pflanzen. Die *dickwändigen* Zellen zeigen die letztgenannte Wirkung in höherem Maasse; denn je nachdem mehr feste Stoffe als Bestandtheile der Zellen selbst aus dem Zellensafte abgesondert werden, ist auch die fortwährende Umänderung jenes Zellensaftes grösser, und

es wird also dadurch von neuem eine andere chemische Thätigkeit vorbereitet.

Aus dem Obigen ersehen wir, dass bei jedem eigenen System von Zellen in den Pflanzen ein eigenthümlicher Stoffwechsel stattfinden kann und sogar stattfinden muss, dass bei jeder Gruppe von Zellen, die, gleichgültig durch welche Ursachen, von den übrigen isolirt ist, eigenthümliche Wirkungen in dem Zelleninhalt, selbst wenn dieser der nämliche wäre, erzeugt werden müssen, die auf eigene Produkte hinauslaufen können und müssen. Dies ist es wirklich, was uns die Erfahrung lehrt. In dem Stamme der Dicotyledonen, wo die Organe aneinander grenzen, findet eine ungleichmässige Entwicklung der verschiedenen Theile, je nach dem Orte, den sie einnehmen, statt. An diese verschiedene Entwicklung — welche selbst wieder eine Folge sein kann des Unterschieds in dem Aufsteigen der Pflanzensäfte — ist unzertrennlich eine Verschiedenheit des Zelleninhalts, und daran eine Verschiedenheit der Produkte geknüpft.

Allein dies spricht noch deutlicher in den verschiedenen Organen der Pflanzen. Die Staubfäden und Stengel können unmöglich dieselben Stoffe erzeugen wie die Blumenblätter der Krone, auch wenn der nämliche Inhalt in sie aufstiege, weil dieser nämliche Inhalt unter ganz verschiedene Verhältnisse gebracht wird. Welches Organ wir nun auch im Auge haben, überall begegnet uns eine solche Verschiedenheit in den Verhältnissen, und wenn es auch nur ein einziges Gemenge der nämlichen, der Umsetzung fähigen Substanz in allen Organen gäbe, so muss eine Verschiedenheit in den Produkten, woferne sie nicht gänzlich abhängt von den verschiedenen Verhältnissen, unter welche eben diese Flüssigkeit gebracht wird, doch in einigem Zusammenhange mit diesen Verhältnissen stehen, von welchen umgekehrt eine Verschiedenheit der Organisation abhängen muss.

Ich sage zum Theil; denn niemand wird es wagen jetzt bestimmter zu reden über die constanten Formen, welche wir äusserlich und innerlich im Pflanzenreiche bewundern. Dass sie

von dem Stoff abhängen, von den allgemeinen Eigenschaften und Kräften, welche die Natur dem Stoffe verliehen hat, liegt in der Natur der Sache, nur ist es uns noch nicht gegeben das Wie hierbei einzusehen.

So viel ist uns klar und deutlich, dass ähnliche Stoffe unter verschiedenen Verhältnissen verschiedene Verbindungen eingehen, und in dieser einfachen Regel glauben wir eine Grundlage zu haben für die Betrachtung der Produkte des Pflanzenreichs.

Aus dem oben Mitgetheilten ergiebt sich auf's deutlichste, dass wir die chemischen Produkte der Pflanzen, mögen sie dem *Inhalte*, oder den Wänden der *Zellen* und *Gefässe* selbst angehören, nicht als Erzeugnisse von Organen betrachten dürfen, welcher Betrachtung auch keine klare Vorstellung zu Grunde läge. In der Regel ist der verschiedene Inhalt eines Zellensystems das einzige Kennzeichen für die Verschiedenheit der Organe, was uns gleichsam mit dem Finger auf die Ursachen hinzeigt, durch welche jener verschiedene Inhalt zu Stande gekommen ist. Diese Ursachen können nämlich bloss von dem Zelleninhalte ausgehen: ein gegenseitiger Austausch der Theile, ohne dass irgend ein Bestandtheil der Wand darauf den geringsten Einfluss ausübt. Dann sind die *Organe* in dem Sinne, in welchem dies in der Regel aufgefasst wird, — selbst bei dem verschiedensten Inhalte — doch durchaus dieselben.

Nur dann, wenn entweder die *Zusammensetzung* der Bestandtheile der Wände oder die *Form* der Zellen verschieden ist, oder wenn in der *Grösse*, oder in der *Stellung*, oder in der gegenseitigen *Verbindung* Unterschiede bestehen, darf man die *Organe* verschieden nennen. Diese Verhältnisse sind es, die entweder einzeln oder sämmtlich die *Verschiedenheit* in dem Austausche der Bestandtheile des Zelleninhalts bedingen; sie veranlassen einen kürzeren oder längeren Aufenthalt der in der wässrigen Flüssigkeit aufgelösten Theile, ein kürzeres oder längeres Verweilen dieser Theile in gegenseitiger Nähe, und demzufolge auch modificirte chemische Einwirkungen aufeinander. Sie vermehren hier die Wasserverdunstung des Saf-

tes, concentriren dadurch den übrigen Zelleninhalt und erhöhen das Einwirken der gelösten Theile auf einander. Dort veranlassen sie den Zutritt oder die Entfernung eines oder mehrer Stoffe und erhöhen dadurch die Möglichkeit zu einem chemischen Austausch. Kurz, was man Organe der Absonderung bei den Pflanzen nennt, sind Zellengruppen, deren Function einfach abhängt von dem was wir *Verhältnisse* zu nennen pflegen, unter welchen diese Zellengruppen nebst dem Zelleninhalt verkehren.

Das Resultat dieser Vorstellung ist also, dass wir die Wörter *verarbeiten, höher organisirt*, u. s. w. hinfort verabschieden zu können glauben. Es sind Wörter, denen entweder ein unrichtiger Begriff zum Grunde liegt, oder sie sind durchaus unverständlich. Wir müssen nach den Ursachen forschen, wesshalb Gruppen organischer Substanzen auf andere Gruppen einwirken, wenn wir die Entstehung der eigenthümlichen pflanzlichen Stoffe erklären wollen. Die Unterscheidung zwischen *rohen* und *assimilirten* Stoffen ist mir gleichfalls unklar, und ich halte ihn ebenfalls für schädlich, weil das Wort *assimilirt* zu einem verkehrten Begriffe führt. Ich halte alle diese Wörter, die nur leere Töne sind, grade desshalb für der Wissenschaft schädlich.

In jedem Zellensystem geht demnach eine eigene Umsetzung vor sich, die sowohl von der Form der Zellen, wie von dem Inhalte oder der Wand abhängt. Die Form bedingt gleichfalls den Ein- und Austritt, das Wechseln des Zelleninhalts, und die S. 439 genannten verschiedenen Zellenformen können also unmöglich die nämlichen Stoffe zum Inhalt, und unmöglich die nämliche Wand, aus jenem Inhalte abgesondert, besitzen. Dies hatte ich S. 364 im Auge, als ich die Form, die Zusammensetzung und die Function miteinander in Zusammenhang zu bringen suchte.

Decandolle hat schon vor vielen Jahren die bemerkenswerthe Thatsache ausgesprochen, dass Pflanzen, die der äusseren Form nach mit einander übereinstimmen, auch in ihren Bestandtheilen Aehnlichkeit zeigen. Die äussere Form der Pflanzen ist nun nichts anderes als ein Ergebniss der Form der sie

zusammensetzenden Theile, die keine ähnliche äussere Form erzeugen können, wenn sie selbst nicht ähnlich sind, und nicht zu einer formellen Verschiedenheit führen können, wenn sie selbst nicht verschieden sind.

Die von allen Seiten gut begrenzten und mit dem Inhalte der benachbarten Zellen in Wechselwirkung stehenden *Parenchymzellen* sind die häufigsten in Krautpflanzen; es bestehen aus ihnen ganze Pflanzenfamilien der niedrigsten Formen. Sie sind dem Inhalte nach fast grenzenlos verschieden, viel mehr, als man von ihrer Form ableiten kann, allein, wo zwei Gruppen in derselben Pflanze ihrer Form nach verschieden sind, scheinen doch die Zellen der nämlichen Gruppe in der Farbe und dem Ansehen des Inhalts eine viel grössere Aehnlichkeit zu besitzen, als zwischen den Zellen verschiedener Gruppen obwaltet. Ich brauche zu dem Ende nur auf jeden Pflanzentheil mit gefärbten Stoffen zu verweisen. Allein es ist Schade, dass die Mikrochemie, welche hier allein Licht zu verbreiten im Stande ist, hier noch keinen Funken schimmern lässt, und dass wir uns auf einen *Farben*unterschied berufen müssen.

Ist die Form der Parenchymzellen gleich und der Inhalt verschieden — wie dies in einer unzähligen Menge von Pflanzen der Fall ist — dann erklärt sich dieser Unterschied aus einer sehr kleinen ursprünglichen Verschiedenheit des Zelleninhalts der Samen, aus welchen sie entstanden sind.

In der ganzen Natur, in Allem findet man, dass eine kleine, ja eine fast unmerkliche Verschiedenheit in der Grundursache eine grenzenlose Verschiedenheit in den Wirkungen erzeugt, wenn diese Grundursache bei einer geringen Verschiedenheit der Verhältnisse einwirkt. Allein es ist unmöglich, für jetzt aus diesem Wirbel tausendfacher Wirkungen die Entstehung irgend eines Pflanzenprodukts zu veranschaulichen, und ich werde mich also damit begnügen, dass ich, wie ich glaube, den allgemeinen Begriff deutlich entwickelt habe [1]).

[1]) Recht gut und deutlich sind die chemischen Wirkungen als Ursachen des Stoffwechsels in den Pflanzen geschildert bei *E. Lösche* (das vegetabi-

Zu den Organen, welche zur Verwandlung der durch die Pflanzen bewegten Säfte dienen, muss man die sogenannten *inneren Drüsen* zählen, die *glandulae vesiculares, glandulae impressae.* Sie sind durch die Substanz der Pflanze vertheilt und manchmal zu einer sehr grossen Masse angehäuft. Solche innere Drüsen sind Agglomerate von Zellen, allein von ganz anderer Farbe, von ganz anderer Form und anderen Eigenschaften, als die Masse der Zellen des Pflanzentheils, in welchem sie sich finden. Man findet sie in sehr vielen Pflanzen mit ätherischen Oelen, Harzen u. s. w. gefüllt. Der Inhalt einer bestimmten Verhältnissen ausgesetzten eigenen Zellengruppe muss — wenn auch dieser Inhalt ursprünglich der nämliche ist, wie der, welcher allgemein in der Pflanze vorkommt — einen verschiedenen Stoffwechsel und also die Bildung eigener Stoffe veranlassen. Solcher Drüsen findet man eine Menge in Citrusarten, Ruta graveolens und manchen anderen Pflanzen.

Nicht selten findet man in den Pflanzen einzelne Zellen, welche einen eigenthümlichen Stoff enthalten, der ganz verschieden ist von dem, welcher sich in den umgebenden Zellen findet, also einen Stoff, der aus der eigenthümlichen Umsetzung einer kleinen abgeschlossenen Gruppe entstanden ist. An den phanerogamischen Wasserpflanzen hat man diese Eigenthümlichkeit am deutlichsten wahrgenommen: Pflanzen, welche solche isolirte, mit einem gefärbten Stoffe gefüllte Zellen besitzen, so dass, während mitten in der Masse der Pflanze einzelne rothe oder blaue Zellen erscheinen, die unmittelbar daran grenzenden farblos sind; bisweilen findet man die nächstlie-

lische Leben und die chemische Affinität, Leipzig 1844; man vergleiche z. B. S. 56). Ich habe aber dem Werkchen nichts entnommen, weil es mir zu spät in die Hände gekommen ist. *Geubel's* Arbeit (die physiologische Chemie der Pflanzen Frankfurt am Main 1845) habe ich als unbrauchbar bei Seite gelegt. Ich habe es indess gelesen, und nicht damit gethan, so wie *Geubel* S. 63 meint, dass ich mit *Karsten's* Philosophie der Chemie gethan haben sollte. Es ist möglich, dass ich *Geubel* ebensowenig wie *Karsten* habe *erfassen* können, allein es ist auch möglich, dass *Geubel* nicht den geringsten Begriff von Chemie hat.

genden Zellen ebenfalls mehr oder weniger mit dem nämlichen Farbstoff angefüllt. Diese von *Link* zuerst in Lysimachia punctata betrachtete Eigenthümlichkeit ist seither von Vielen genauer erforscht. Bei Lysimachia punctata ist der gefärbte Stoff eine sehr fein vertheilte, gelblich rothe, harzige, pulverige Substanz, und die Zelle ist viel grösser als die umgebenden. Nach *Meyer* sind in den Aloearten auch die Harze, welche man aus diesen Pflanzen gewinnt, in solchen Zellen enthalten; Harze, welche nicht in den Milchsaftgefässen vorkommen können, weil diese den genannten Pflanzen abgehen, die aber in verlängerten, neben den Spiralgefässen liegenden Zellen gefunden werden. Die Form dieser sehr langen Zellen wird keineswegs durch ihren Inhalt bestimmt, wohl umgekehrt, da man in jeder Zelle bei jugendlichen Pflanzen in der Regel nur *ein* Harzkügelchen findet, während die übrige Zelle mit gewöhnlichem Zellensaft gefüllt ist, und wenn die Pflanze älter wird, nimmt die Menge des Harzes einfach zu. Die Form bleibt, wie sie ursprünglich war. Der längere Aufenthalt des Zelleninhalts in diesen langen Zellen kann allein die Ursache der Harzbildung sein.

Bei Valeriana officinalis und Valeriana Phu findet man in der Wurzel in den der Oberhaut nahe liegenden Zellen ähnliche Harzkügelchen, während die Zellen im Inneren harzfrei und stärkehaltig sind; diese Eigenthümlichkeit muss wahrscheinlich bloss der oxydirenden Einwirkung der Luft zugeschrieben werden.

Die dickwändigen, verlängerten, häufig mit Tüpfeln versehenen Zellen *(die prosenchymatischen und pleurenchymatischen)* äussern einen ganz anderen Einfluss auf den Zelleninhalt, als die parenchymatischen (oder merenchymatischen), von welchen bisher die Rede war. Ihre *Wände* bilden wichtige Absonderungsorgane, d. h. die Stoffe, aus welchen die Wände bestehen, sind von der Art, dass sie aus der Flüssigkeit, welche sie durchzieht, ähnliche Stoffe bereiten, wie sie eben selbst enthalten. Wenn man das Wort *assimiliren* erhalten wollte, so

könnte man es hier anwenden. Diese Verdickungen der Wände bilden die Haupterscheinungen des Stoffwechsels in holzigen Gewächsen. Hier und da erscheint ein einzelnes Nebenprodukt, aber in dem Holzgewebe herrscht die Bildung der Substanz, welche die mittlere Schichte der Holzzellen stets verdichten soll, so sehr vor, dass sie fast die einzige Substanz ist, welche sich dort bildet. Die Grundursache dieser Gleichförmigkeit ist nicht bekannt, allein die Erscheinung spricht deutlich. Die Zellenwände verbrauchen fast den ganzen Inhalt der Zellen, alles was ihnen an festen Stoffen zugeführt wird, und bilden daraus, indem Sauerstoff entweicht (S. 485) und Wasser verdunstet, den mittleren Holzstoff. Durch diese chemische Umsetzung, durch diese Holzbildung wird es vorzugsweise bewirkt, dass das Pflanzenreich der Atmosphäre die Kohlensäure entzieht und die Anhäufung dieser letzteren verhindert. Um die aus Cellulose bestehende Zellenmembran wird ein dünnes Häutchen abgelagert, das sich ebensowenig verdickt wie das Cellulose-Häutchen. Und zwischen diesen beiden wird in wachsender Menge schichtenweise eine Substanz abgelagert, welche das Cellulose-Häutchen immer mehr nach innen drängt, und die Höhle der Zelle immer mehr verkleinert (S. 473) : wir haben darin also eine wahre Appositionserscheinung, die wir an die Kristallisation reihen dürfen (S. 130.).

Gefässgewebe.

Man unterscheidet in den Pflanzen zunächst Spiralgefässe und eigene Gefässe. Was den Nutzen der Spiralgefässe betrifft, so ist dieser noch nicht ausgemacht. Im Frühlinge, wenn die Pflanze von Säften strotzt, sind sie auch gefüllt: aber zur Fortbewegung der Säfte dienen sie nicht; sie enthalten im Gegentheil Luft, und nach *Draper's* Analyse eine reichliche Stickstoffmenge, viel mehr als in der atmosphärischen Luft enthalten ist. Es ist Stickstoff der in derselben frei gewordenen atmosphärischen Luft, die ihres Sauerstoffs durch die Oxydation benachbarter Stoffe beraubt ist.

Die Gefässe, welche Flüssigkeit führen, enthalten in verschiedenen Pflanzen und verschiedenen Pflanzentheilen sehr

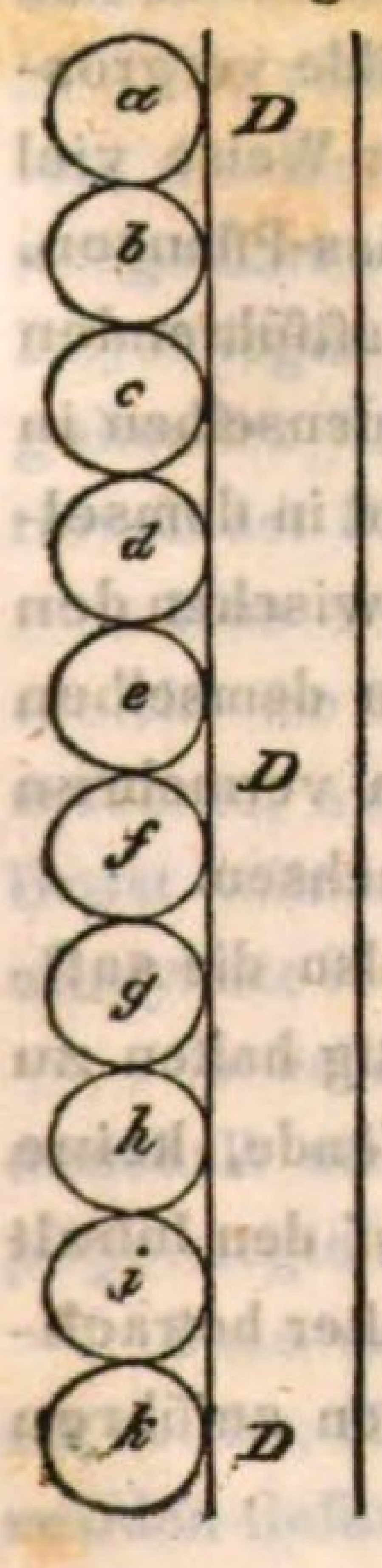
verschiedene Flüssigkeiten. Es lässt sich aber darüber für jetzt nichts feststellen. Wie diese Gefässe anfangen und endigen, ist für die Metamorphose der Pflanzenstoffe eine sehr wichtige Sache. Die mit eigenen Flüssigkeiten gefüllten Saftgefässe der Pflanzen fangen in den Wurzeln an. Sie vertheilen sich durch Verästelung durch alle mögliche Theile der Pflanze. Wo sie aber endigen, weiss man nicht. Wahrscheinlich ist die Stelle ihrer Grenzen sehr verschieden.

Die Gemeinschaft der Saftgefässe mit den Pflanzenzellen, an welchen sie vorübergehen, wird durch ihre Wände hergestellt, grade so wie die Gemeinschaft der Zellen unter einander durch die Zellmembran erzielt wird. Sie stellen eine Gemeinschaft dar zwischen dem Inhalte entfernter Zellen, ohne dass die in den Gefässen enthaltene Flüssigkeit indessen so vielfache Veränderungen erleiden kann, wie bei dem endosmotischen Austausche des Zelleninhalts statt findet. Ganz unverändert kann aber der Inhalt der Gefässe nicht in ihnen fortbewegt werden, weil in jenen kleinen Kanälchen unter den oben genannten Verhältnissen häufig sehr zusammengesetzte Gemenge verkehren, die nicht ohne Wechsel in gegenseitiger Berührung bleiben können.

Wenn die Wurzel eine klare, von allen suspendirten Theilen völlig befreite Flüssigkeit absorbirt — wie aus *Payen*'s Versuchen (S. 703) abgeleitet werden darf — und diese Flüssigkeit sich höher in dem saftführenden Gefässe trübt, dann hat sie unterwegs in Wasser unlösliche Theilchen bekommen. Diese Theilchen sind in dem Gefässe gebildete Stoffe, in dem Chelidonium z. B. ein Gummiharz. Die durch eine chemisch unthätige Röhre strömende Flüssigkeit kann durch diese Röhre keine chemische Veränderung erleiden. Diese chemische Veränderung muss also die Folge sein einer Umsetzung der Stoffe *in* dem saftführenden Gefässe selbst, oder die Folge chemischer Veränderungen, die durch den dem Gefässe angrenzenden Zelleninhalt erzeugt werden.

Aus diesen von Zellen umgebenen saftführenden Gefässen geht nämlich an den Seiten unaufhörlich Flüssigkeit in die Zellen über und zwar durch die nämliche Ursache, durch welche

die Flüssigkeit in den Zellen von der einen zur andern aufsteigt (Endosmose). In dieser Weise verlieren die saftführenden Gefässe stets von der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit. Aber auf dieselbe Weise erhalten sie auch Flüssigkeit aus dem Inhalte anderer Zellen, an denen sie vorübergehen. Es ist also dem Ein- und Austritt eines klaren Zelleninhaltes zu einem ursprünglich klaren Gefässsafte zuzuschreiben, dass man in der Regel in dem Safte der saftführenden Gefässe unlösliche Theilchen antrifft. Allein aus der nämlichen Ursache muss man auch viele andere Veränderungen erklären, die sich nicht durch unlösliche Theilchen kundgeben, und auf diese Weise sind die saftführenden Gefässe einerseits wohl die Ursache eines trägeren chemischen Wechsels in den Pflanzen, als in dem Zelleninhalte vor sich geht, aber auf der anderen Seite auch die Ursache eines vermehrten Wechsels, welcher durch ein anderes Wechselverhältniss zwischen den einzelnen Flüssigkeiten der nämlichen Pflanze vermittelt wird, als durch eine blosse Gemeinschaft zwischen den Zellen möglich ist.



Um es anschaulicher zu machen, wie ein saftführendes Gefäss auf den Wechsel der Stoffe und auf die Erzeugung neuer Produkte einwirkt, wollen wir die kleinen materiellen Unterschiede, welche in dem Inhalte benachbarter Zellen, an welchen ein Gefäss vorbeigeht, mit den Buchstaben *a b*, *c*, u. s. w. bezeichnen. Wenn *k* und *i* mit einander einen endosmotischen Austausch üben, so resultirt daraus zunächst ein *Gemenge k i*, sodann aber ein chemisches Produkt, das aus der *Einwirkung* von *k* auf *i* und von *i* auf *k* hervorgeht. Wir wollen annehmen, dass dies chemische Produkt *p* sei, so ist nach dem Wechsel in der untersten Zelle nicht mehr bloss der Inhalt *k*, sondern *k*, *i*, *p*. Ebenso verhält es sich, wenn wir von unten her zählen, in der zweiten Zelle: ihr Inhalt ist nach dem Austausch nicht mehr *i*, sondern *i*, *k*, *p*. Es wechselt

nunmehr *i, k, p* mit *h*, und nicht mehr bloss *i*. Und so aufwärts durch alle Zellen.

Man ersieht hieraus die Möglichkeit einer fortwährenden Zunahme chemischer Stoffe, je nachdem der endosmotische Austausch zunimmt.

Liegt nun neben diesen Zellen ein Gefäss, so ist dadurch ein neuer Anlass zum Wechsel gegeben; denn, während *k, ohne das Gefäss*, keine andere Gemeinschaft mit *a* hat, als die durch *alle* zwischenliegende Zellen vermittelte — durch welche in dieser kleinen Zellenanzahl schon ein *Gemenge* und ein *chemisches Produkt*, das aus der Reaction von *k i h g f e d c b a* hervorgeht, erzeugt wird — ertheilt nun das Gefäss allen benachbarten Zellen eine unmittelbare Gemeinschaft. In das Gefäss treten ja *k, i*, u. s. w. *a* ein, und der Inhalt desselben *D* tritt aus. Es entsteht also in dem Gefässe ein Gemenge und ein chemisches Produkt aus dem Inhalte *aller* benachbarter Zellen und *D*.

Da nun alles, was die Wechselwirkung der Bestandtheile der Pflanzen fördert, die Mannigfaltigkeit der Gebilde vergrössert, so müssen die Zellen-Pflanzen nothwendiger Weise viel weniger materielle Unterschiede zeigen als die Gefäss-Pflanzen.

Je zusammengesetzter nun das System der saftführenden Gefässe ist, desto mehr Bestandtheile treten aus denselben in die Zellen über, und aus diesen in die Gefässe, und in demselben Maasse muss die chemische Wechselwirkung zwischen den Stoffen sich vergrössern, mit anderen Worten, in demselben Maasse muss die Metamorphose der Materie sich vermehren und die Zahl der eigenen Pflanzenbestandtheile wachsen.

Aus den angeführten Gründen glauben wir also die saftführenden Gefässe chemisch in so fern für unthätig halten zu müssen, als sie, ausser der Verdickung ihrer Wände, keine materielle Umwandlung erleiden (S. 491) oder auf den Inhalt ausüben können, und wir glauben sie nur als Behälter betrachten zu müssen, welche den Pflanzensaft den Zellen zuführen und einen Theil des Zelleninhalts empfangen.

Pflanzensaft.

Wenn man einmal einigermaassen von den Functionen des Pflanzenreichs Rechenschaft soll geben können, so muss man sowohl die in den Zellen enthaltene, wie die durch eigene Gefässe in den Pflanzen sich bewegende Flüssigkeit kennen, indem diese die Baustoffe mit sich führt, durch welche aller Stoffwechsel in denselben zu Stande kommt.

In den Pflanzen findet sich nicht eine einzige, sehr vielen gemeinschaftliche Flüssigheit, sondern es giebt wahrscheinlich ebensoviel Mannigfaltigkeit in dieser Flüssigkeit, wie es Pflanzenfamilien giebt, welche die nämlichen Bestandtheile geben. Mehr noch: nicht bloss in jedem Pflanzentheile, sondern auch in jedem elementairen Pflanzengewebe ist jene Flüssigkeit verschieden, sie ist anders in der Blume als in den Blättern, anders in den Staubfäden als im Stengel, anders in den Antheren als in dem Faden, und in den Pollen wieder anders als in den Antheren.

Die vielen Analysen von Pflanzentheilen und Pflanzensäften, die theils in medicinischer, theils in technischer Hinsicht ausgeführt worden, lehren also wenig, häufig nichts für die Physiologie der Pflanze, für die Kenntniss des in ihr vor sich gehenden Stoffwechsels und für die davon abhängigen Functionen der Pflanze.

Was würde man von den chemischen Veränderungen, welche die Speisen in den Eingeweiden eines Thiers erleiden, erfahren, wenn man dem Thiere den Kopf, die Pfoten und die Brust nähme und den Bauch mit allem, was dazu gehört, analysirte?

So haben wir bis jetzt Pflanzen chemisch analysirt, und desshalb steht die Pflanzenphysiologie weit hinter der Thierphysiologie zurück.

Dass man die Pflanzensäfte zunächst unterscheiden muss in solche, die in den Zellen, und in solche, die in den saftführenden Gefässen enthalten sind, erhellt aus dem Obigen. Ueber

die in Zellen eingeschlossenen Säfte weiss man nichts Einzelnes; nur von dem was die jugendlichen Zellen bildet, hat man eine allgemeine Vorstellung; man nennt es *Cambium* (s.S.373).

Bei der grossen Schwierigkeit, welche damit verknüpft ist, entweder bloss dem Zelleninhalte, oder den Gefässen angehörige Pflanzensäfte zu erhalten, sind wir für jetzt noch gezwungen, sie zusammenzufassen.

Bereits nachdem sie aus der ersten Wurzelfaser-Zelle in die zweite übergetreten sind, sind es keine Stoffe mehr, wie sie es in der ersteren waren, und je nachdem sie in mehr Zellen aus anderen übertreten, verändern sie ihre Natur immer mehr. Man sieht diese Umwandlung dergestalt in der ganzen Pflanze zunehmen, dass jene Flüssigkeit in verschiedenen Höhen für jeden Durchschnitt eine ganz andere Natur hat. Man sei indess behutsam, ehe man diesen Unterschied einer einzigen Ursache zuschreibt.

Knight fand das specifische Gewicht des Saftes einer Acer platanoides in der Nähe des Bodens 1,004, während es 2 Meter über dem Boden 1,008, und 4 Meter über demselben 1,012 betrug.

Der Hollundersaft reagirt sauer, ist farblos und schmeckt süss; er enthält, ausser Wasser, Zucker, Extraktivstoff, essigsauren Kalk (?), essigsaures Kali (?). Mit Hefe gab er Alkohol.

Die Buche, Fagus sylvatica, giebt im April einen röthlich gefärbten Saft; dieser reagirt schwach sauer, und enthält essigsauren Kalk (?) und essigsaures Kali (?), Extractivstoff, Gerbsäure, Essigsäure (?) und Gallussäure.

Ulmensaft giebt im April auf 1028 Wasser 9 Th. essigsauren Kalk (?), 1 Th. organische Substanzen und 1 Th. kohlensauren Kalk. (*Vauquelin.*)

In der Weinrebe fand *Regimbeau* saures weinsaures Kali, weinsauren Kalk, Pflanzenschleim und freie Kohlensäure.

Biot, der viele Pflanzensäfte auf Zucker geprüft hat, hat diesen in sehr vielen und zwar unter zweierlei Form gefunden,

als Rohrzucker sowohl wie als Traubenzucker; ausserdem eine gummiähnliche Substanz (Dextrin) und einen thierischen Stoff (Pflanzeneiweiss); die übrigen Bestandtheile hat er nicht berücksichtigt.

In Bambusa guaduas — einer zu den Gramineen gehörenden Pflanze der Tropenländer, die zwischen ihren Gelenken grosse Höhlen mit einer frischen, klaren Flüssigkeit besitzt, welche sich durch den Geschmack kaum von Wasser unterscheiden lässt — fand *Boussingault* fast keine andere Bestandtheile als reines Wasser, mit einer Spur von schwefelsauren Salzen und Chlorüren, sehr wenig organischer Substanz und etwas Kieselsäure [1]).

Allein es giebt sehr viele Pflanzen, deren Säfte so viel Zucker enthalten, dass sie durch die Gährung eine Art Wein geben, so wie die Birken, die Cocos butyracea, und der Zuckergehalt des Zuckerrohrs von Arenga saccharifera und anderen Pflanzen ist zur Genüge bekannt.

Langlois hat den Saft einiger Pflanzen untersucht. Der Saft der Weinrebe, welcher am 3. März eingesammelt wurde, reagirte sauer; Barytwasser liess auf Kohlensäure schliessen; kleesaures Ammoniak zeigte Kalk an; die Kohlensäure entwickelte sich überdies durch Wärme. Von 3 Kl. blieben nach dem Verdunsten 7 Gr. Rückstand, aus welchen während der Verdunstung 0,45 weinsauren Kalk abgesetzt wurden. Die Quantitäten waren der Art, dass aus 1 Kl. 10 C.C. Kohlensäure entwickelt wurden, und als feste Substanz wurde 1,25 weinsaurer Kalk, 0,02 salpetersaures Kali und geringe Quantitäten nicht näher bestimmter Stoffe gefunden; keine apfelsaure Salze, aber überdies Eiweiss.

Der Ende April aufgefangene Saft des Nussbaums enthielt freie Kohlensäure, Pflanzeneiweiss, einen gummiähnlichen Stoff, ein Fett, milchsauren Kalk (?), milchsaures Ammoniak (?),

[1]) Economie rurale I, p. 123. Vergl. weiter *Boussingault* über andere Pflanzensäfte.

milchsaures Kali (?), apfelsauren Kalk, Chlorammonium, Salpeter, schwefelsauren und phosphorsauren Kalk.

Der im Juni aufgefangene Lindensaft enthielt Rohrzucker, Pflanzeneiweiss, einen gummiähnlichen Stoff, einige Salze, und unter diesen Chlorammonium und essigsaures Kali (?) (Comptes rendus, T. 17. No. 11).

Schultz (Flora 1842, S. 49) hat Untersuchungen angestellt über den frischen Saft von Betula alba, Acer platanoides, Carpinus Betulus, zu verschiedenen Zeiten des Frühlings. Der Holzsaft enthielt nach ihm anfangs Dextrin — er vergleicht den Stoff mit Dextrin aus Stärkmehl — später Zucker. Dieser Zucker ist in der Regel Traubenzucker, und dort, wo sich Rohrzucker findet, wie im Ahorn, ist doch Traubenzucker mit diesem vermischt.

Das Ammoniak, welches *Schultz* aus dem zur Syrupsconsistenz eingedampften Ahorn- und Birkensaft durch Kali entwickeln konnte, kann gradeso wie in vielen ähnlichen Versuchen zum Theil von Eiweiss herrühren; auf diese Weise lässt sich die Gegenwart von Ammoniaksalzen in den Pflanzensäften nicht ermitteln, wenn es gleich keinem Zweifel unterliegt, dass diese in vielen Pflanzen vorkommen.

Die allgemeinen Stoffe, welche im Zellensafte nicht zu fehlen scheinen, sind — ausser einer sehr reichlichen Wassermenge — Eiweiss, das durch die Wärme gerinnt, Dextrin und *Scheele's* Seifenstoff. Mit diesen sind die dem Boden entnommenen anorganischen Salze und die Ammoniaksalze, die aus quellsatzsaurem, quellsaurem Ammoniak u. s. w. entstanden sind, oder als solche im Boden enthalten waren, oder aus einem Theil zersetzten Proteins gebildet sind, verbunden. Mehr findet man in der Regel nicht, und wir gehen also wohl nicht zu weit, wenn wir feststellen, dass drei Hauptbestandtheile vor allen anderen die Aufmerksamkeit verdienen: das Dextrin, das lösliche Pflanzeneiweiss und *Scheele's* Seifenstoff.

Weg der aufsteigenden Säfte.

Magnol hat in 1709 zuerst das in der menschlichen Anatomie schon früher gebräuchliche Mittel benutzt, um durch gefärbte Flüsssigkeiten einen Unterschied in den Wegen nachzuweisen, durch welche der von den Wurzeln aufgenommene Saft die Pflanze durchzieht. Durch Einspritzungen war dies unmöglich; da aber die lebendige Pflanze selbst gefärbte Stoffe führt, lag das Mittel zur Hand, um die Richtung zu erforschen, die der Saft in den Pflanzen einschlägt. Er benutzte dazu den gefärbten Saft von Phytolacca; *Duhamel* und *Bonnet* benutzten dazu einen Aufguss von Färberröthe, *Hedwig* von Fernambucholz. *Hill* wandte einen Aufguss von Cochenille dazu an und eine Lösung von essigsaurem Blei, welches man in der Pflanze nachher deutlich nachweisen konnte, indem man sie in Schwefelammonium tauchte. *Breant* presste, um Holz vor der Verwesung zu schützen, antiseptische Flüssigkeiten hinein, und *Moll* in Rotterdam wandte später mit Erfolg das Kreosot dazu an.

Die in der letzteren Absicht angestellten Versuche, durch Pressen Flüssigkeiten in Holz zu treiben, misslangen für alle wässrige Flüssigkeiten; *Kyan's* Mittel, eine wässrige Sublimatlösung, kann zum Beispiel gereichen: es nutzt allein — aber hierzu auch vollkommen — um von aussen einwirkenden Fäulniss erregenden Einflüssen entgegen zu wirken, indem es nicht in das Holz eindringt. Oelichte Flüssigkeiten, wie das Kreosot, verbreiten sich, wenn sie durch Pressen auf gewissen Wegen in das Holz gelangt sind, durch Capillarwirkung von diesen nach anderen Stellen, und das Holz wird also zuletzt gänzlich damit getränkt.

Namentlich verdienen *Boucherie's* [1]), wenn gleich von ihm mehr in technischer Absicht angestellte Versuche, von unserem Standpunkte Erwähnung. Er hat dazu sogenanntes pyrolignin-

[1]) Ann. de Chimie et de Phys. F. 74, p. 113.

saures Eisen benutzt: rohen Holzessig, in welchem alles Eisen aufgelöst war; diese Flüssigkeit reichte er Baumstämmen, so dass sie davon getränkt werden mussten. Er stellte nämlich frisch abgehauene Baumstämme mit dem unteren Ende in eine Auflösung des erwähnten Eisensalzes, und sah es in den Stamm, ja bis in die Blätter des Baums eindringen. Eine Pappel, die 28 Meter hoch und 40 Centimeter im Durchmesser dick war, mit dem unteren Ende in diese Flüssigkeit gestellt, absorbirte in 6 Tagen 3 Hectoliter der Flüssigkeit. Anstatt dass er die Bäume absägte und in die Flüssigkeit setzte, liess er sie später im Boden stehen; und bohrte Löcher in den Stamm über der Wurzel, füllte diese stets mit der Flüssigkeit und er erreichte so den nämlichen Zweck. Im December und Februar stieg die Flüssigkeit bei diesen Versuchen nur wenig; im Frühling, im Sommer und namentlich im Herbst stark. Im Winter findet also kein vollkommener Stillstand der Pflanzensäfte statt, allein sie steigen doch viel langsamer, ausser in den stets grünenden Bäumen, z. B. in den Coniferen, in denen die Säfte im Winter zwar weniger stiegen als im Sommer, aber doch immerhin beträchtlicher als in den blätterlosen Bäumen. Baumstämme, deren Aeste man abgehauen, denen man aber den Gipfel mit seinen Blättern gelassen hat, zeigten stets ein rasches Hinaufsteigen der Flüssigkeit. Ueberhaupt ist die Schnelligkeit des Aufsteigens desto grösser, je rascher man den Versuch nach dem Abhauen der Stämme anstellt. Nach 36 und 48 Stunden stieg die Flüssigkeit noch kräftig in die Höhe, nach 10 Tagen aber nicht mehr.

Aus den Versuchen *Boucherie's* und seiner Vorgänger hat sich ergeben, dass gefärbte Flüssigkeiten weder durch die Rinde, noch durch das Mark aufsteigen, sondern in holzigen Gewächsen stets durch das Holz, und wenn auch sowohl durch das ältere, wie durch das jüngere, doch leichter durch letzteres; *Boucherie* sah aber in Baumstämmen stets in der Mitte einen Kern eines gewissen Durchmessers im Holze, der nicht getränkt wurde; dieser Theil erhält auch in der lebenden Pflanze keinen Saft mehr, er nimmt keinen Theil mehr am Pflanzen-

leben, sondern verhält sich wie ein unthätiger Körper. Wenn man den Theil des Holzes, welcher vom pyroligninsauren Eisen getränkt wird, Splint nennen wollte, dann würden in der Regel $^3/_4$ des Durchmessers des Stammes aus Splint bestehen. Die Flüssigkeit dringt also in $^3/_4$ des Holzes, allein auf das übrige $^1/_4$ äussert sie keinen Einfluss; in jugendlichen Zweigen wird alles Holz getränkt, und ebenso alles Holzgewebe der Krautpflanzen.

Hales sah, dass der Rinde beraubte Apfelbaumäste gefärbte Flüssigkeiten in das Holz aufnahmen, als wenn sie mit der Rinde bekleidet wären, und *Decandolle* hingegen, dass nur mit der Rinde in gefärbte Flüssigkeiten gestellte Hollunderäste kein gefärbtes Holz bekamen[1]).

Aus diesen Versuchen geht also deutlich hervor, dass die von den Wurzelfasern dem Boden entnommenen Säfte in den Holzkörper der Pflanzen übergehen und in diesem bis an die äussersten Enden der Pflanzen, selbst bis in die Blätter, und also auch bis in die Blumen und Früchte aufsteigen.

Dass bei diesem Aufsteigen der Flüssigkeiten Zellen und Gefässe damit getränkt werden, hat sich aus den Beobachtungen ergeben.

Boucherie's Versuche sind von *Mohl* wiederholt (Bot. Zeit. 1843) indem er abgesägte noch lebende Baumstämme in pyroligninsaures Eisen stellte. Birkenholz wurde ganz gefärbt; von Eichen aber nur die acht äussersten Jahresringe. Bei letzteren waren die Markstrahlen und ein Theil der Gefässe schwarzbraun geworden. In Eisencyankalium gelegte Längen- und Querschnitte wurden durch den Zusatz einer freien Säure, sowohl dem Inhalt, wie den Wänden der Zellen und Gefässe nach, schön blau.

Nach diesen von dem berühmten Botaniker angestellten Versuchen bleiben *Boucherie's* Versuche noch unfruchtbar für die Pflanzenphysiologie. Dass eine zum Theil ölichte, zum Theil

[1]) Phys. végét. Tom. I, p. 83.

wässerige Flüssigkeit dort eindringt, wo die wässrigen Pflanzensäfte in dem natürlichen Zustande der Pflanze nicht eindringen können, lässt sich leicht erklären, wenn man bedenkt, wie überaus leicht Kreosot, Eupion u. s. w. (lauter Bestandtheile des sogenannten pyroligninsauren Eisens) capillair absorbirt werden, und dahin eindringen, wo wässrige Flüssigkeiten nicht hingelangen können. Wenn die Pflanzensäfte allein durch die Gefässe aufsteigen, dann konnte die seitliche Fortbewegung durch die Zellen hier kräftig durch die sogenannten brenzlichen Oele gefördert sein, während eine solche kräftige seitliche Bewegung für die wässrigen Säfte der lebenden und wachsenden Pflanze vielleicht gar nicht stattfindet. Pyroligninsaures Eisen ist also die Flüssigkeit nicht, welche über das Aufsteigen der Säfte durch die Zellen oder die Gefässe, oder durch beide, einiges Licht verbreiten kann.

Von *Honninger* (Bot. Zeitung 1843) sind von neuem Versuche angestellt über die Säftebewegung in den Pflanzen, in der Weise, dass er die Pflanzen erst Eisencyankalium aufnehmen liess, sie darauf abschnitt und sie in eine Eisenoxydlösung tauchte. Er fand hierbei, dass die Zellenpflanzen keine besondere Zellenreihe zur Fortleitung der Säfte besitzen und dass bei allen Gefässpflanzen der Saft bloss durch die Gefässe, und nicht durch die Zellen aufsteigt. Wir werden sogleich sehen, dass dieser Schluss nothwendiger Weise unrichtig sein muss.

Als *Boucherie* in das Holz aufrechter Bäume Löcher gebohrt hatte, sah er die hineingegossene Flüssigkeit, grade so wie beim Bohren in das untere Ende des Stammes, in die Zellen und in die Gefässe beide eindringen, und dieser Versuch ist also wieder nicht im Stande, um für die Pflanzenphysiologie so wichtige Fragen vollkommen zu erledigen. Durchbohrte und mit Flüssigkeit gefüllte Gefässe müssen diese ja durchlassen, wie man ihnen die Flüssigkeit auch darreichen möge. Als die Flüssigkeit von oben hereingebracht wurde, sah *Boucherie* sie sehr bald aus einer unten angebrachten Oeffnung herausfliessen, und er benutzte dies, um viele Stoffe aus frischen Baumstämmen

gewissermassen auszuwaschen, und diese durch andere Stoffe, verschiedene Salzlösungen vertreten zu lassen. Aus einem 16 Meter hohen und im Durchmesser 86 Ct. M. dicken Buchenstamme konnte *Boucherie* im December in der Zeit von 25 Stunden auf diese Weise 3,060 Liter Pflanzensaft austreiben, der durch 3,210 Liter pyroligninsaures Eisen vertreten wurde. Dieser Pflanzensaft stammte offenbar aus saftführenden Gefässen, die durch die gemachten Oeffnungen durchbohrt waren, und einfach die eine Flüssigkeit verloren hatten, um die andere dafür aufzunehmen. Für die Art und Weise, auf welche die Säfte aus dem Boden aufsteigen, können wir wenig hieraus lernen. Dies aber lehrt uns dieser Versuch, dass es in dem Buchenholze wirklich von oben bis unten durchlaufende Röhren giebt, die Saft führen, und dass also diese Röhren bei der Saftbewegung und dem davon abhängigen Stoffwechsel jedenfalls berücksichtigt werden müssen.

Brücke's Versuche und Beobachtungen über die Säftebewegung (Pogg. Ann. Bd. 63, S. 177, 1844) verdienen in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit. Er hat aufs deutlichste beobachtet, dass im Frühling der ganze Holzkörper bereits mit Saft erfüllt ist, bevor die Spiralgefässe Saft enthalten. Diese sind mit Luft gefüllt, und bekommen erst dann, wenn gleichsam alles in der Pflanze von Flüssigkeit strotzt, soviel davon, dass sie, indem die in ihnen enthaltene Luft entweicht, ebenfalls mit Saft gefüllt werden. Alle Zellenhöhlen nehmen also den Saft auf, welchen die Pflanze dem Boden entnimmt, alle Zellenhöhlen führen diesen Saft hinauf, keineswegs die Gefässe allein, und zwar am wenigsten die Spiralgefässe ausschliesslich, wie auch die einfachste Vorstellung vom Pflanzenbau sogleich vermuthen lässt. Aus dem Zelleninhalt wird der Pflanzensaft endlich in die Spiralgefässe hineingepresst, und zwar mit einer Kraft, die es selbst ermöglicht, dass er aus den Spiralgefässen ausfliesst, ohne dass deshalb noch das *Aufsteigen* des Saftes in den Spiralgefässen zu geschehen braucht. Im Gegentheil, da die Spiralgefässe in der Regel weiter sind als die umgebenden Zellen,

können sie durch capillares Aufsaugen keineswegs die Säfte hinaufbewegen und in die Zellen überführen, sondern umgekehrt müssen die Zellen den Saft hinaufführen und beim Ueberflusse können sie ihn in die Spiralgefässe ergiessen, aus welchen er dann bei Querschnitten der Pflanze herausfliessen, in denen er aber auch, wenn nichts durchschnitten ist, in die Pflanze höher hinaufgeführt werden kann.

Dieser Schluss, der sich sowohl auf die älteren Beobachtungen von *Hales*, wie auf die von *Brücke* stützt, ist sehr wichtig; er giebt uns den Schlüssel zu einer wichtigen Erscheinung in dem Pflanzenleben.

Die erste Ursache der Bewegung von Flüssigkeiten in den Pflanzen im Frühjahre liegt ohne Zweifel in der chemischen Veränderung der im vorigen Jahre bereiteten und übriggebliebenen Stoffe, im Holze namentlich in der Umsetzung des Stärkmehls in Dextrin und Zucker, welche durch die erste Frühlingswärme hervorgebracht wird. Indem hierdurch bei der Bildung des Dextrins aus Stärkmehl, welches aufquillt und Wasser aufnimmt, mehr Wasser erfordert wird, fangen die Wurzeln an, durch endosmotische Wirkung Flüssigkeit aus dem Boden aufzunehmen (S. 655). Unterdess fangen die Blätter an sich zu entwickeln und sobald diese einen Theil ihrer Oberfläche der Atmosphäre darbieten, unterstützen diese feuchten Blättchen die Verdunstung, die schon in den jugendlichen saftigen Aestchen und in der ganzen Rinde angefangen hatte, um dadurch sämmtlich die unaufhörliche Zufuhr von Flüssigkeit aus dem Boden zu unterhalten, so lange die Temperatur und der hygroskopische Zustand der Atmosphäre dies erlaubt. Im Winter endlich, wenn die Blätter abgefallen sind, und fast ein Stillstand im Stoffwechsel in den Pflanzen entstanden ist, dauert die Verdunstung des Wassers der Aeste und des Stammes stets fort; denn schon *Musschenbroek* hat beobachtet, dass selbst das Eis verdunstet. Indem sie also dadurch gleichsam austrocknen, wird die erste Aufnahme von Flüssigkeit in die Pflanzen im nächsten Frühling gewissermaassen vorbereitet, und diese be-

ginnt mit dem Erscheinen der ersten Spuren des Stoffwechsels bei der erhöhten Temperatur der Atmosphäre.

Als allgemeinen Schluss dürfen wir also feststellen, dass durch *alle* Pflanzentheile, die nicht mit Fetten, Oelen, Harzen gefüllt, und die nicht mit vollkommen impermeabeln Schichten bedeckt sind, zumal durch die engsten, Säfte hinaufsteigen; in den Spiralgefässen findet man sie nur bei reichlicherem Ueberflusse — und also während einer kurzen Zeit der Vegetation — wo sie in dieselben hineingepresst werden; sie steigen endlich auch in den eigenen Gefässen und in den Milchsaftgefässen bei Pflanzen, welche diese besitzen, auf.

Hinsichtlich der Flüssigkeit, welche die Pflanze im Sommer dem Boden entnimmt, müssen wir bemerken, dass ihre Menge der Temperatur der Atmosphäre, dem Durchmesser der Stämme oder Stengel der Pflanzen und der Oberfläche, welche die Blätter der Luft darbieten, entspricht. An warmen Tagen ist die Absorption viel stärker, als an kalten; bei dicken Baumstämmen viel grösser als bei dünnen, und eine Pflanze, die, während alles Uebrige gleichsteht, der Atmosphäre eine doppelte Oberfläche in den Blättern darbietet, z. B. eine Pflanze derselben Art, die mit der doppelten Anzahl der Blätter einer anderen versehen ist, wird in derselben Zeit eine doppelte Menge Flüssigkeit durch ihre Wurzel aufnehmen.

Diese Beobachtungen lehren, dass sowohl die Fortleitung durch den Stamm, wie die Verdunstung des Wassers aus den Blättern die ersten Bedingungen der Aufnahme einer in der Nähe der Wurzeln vorhandenen Wassermenge sind; wenn also die Fortleitung gleich ist, wird sie durch die Verdunstung des Wassers in den Blättern bestimmt.

Savé's Beobachtungen, dass im Frühling viel mehr Pflanzensaft durch die Pflanze strömt, und also mehr Flüssigkeit aus dem Boden aufgenommen werden muss, als im Sommer oder im Herbste, steht hiermit nicht im Widerspruch. Es ist freilich wahr, dass im Frühling die Temperatur der Luft niedriger ist als im Sommer, aber zugleich auch, dass während des Winters

das Aufsteigen der Flüssigkeit aus dem Boden verhindert gewesen ist, und schon im vorigen Herbste, während die Verdunstung fortdauerte, verringert war. Im Frühling muss demnach sogleich bei der ersten Wärme, ehe noch Blätter da sind, durch die über die ganze Oberfläche der Pflanze stattfindende Verdunstung viel Wasser aus dem Boden aufgenommen und durch die Pflanze geführt werden, und hierzu kommt die Entwicklung der Knospe, welche die benachbarten Fluida verbraucht, dadurch die untenliegenden der Flüssigkeit beraubt, und hierdurch das Aufsteigen der immer niedriger liegenden Flüssigkeiten und endlich die Aufnahme durch die Wurzeln aus dem Boden fördert.

Es würde also unrichtig sein, die Verdunstung des Wassers der Blätter als die einzige Ursache der Aufnahme der Flüssigkeit durch die Pflanze aus dem Boden zu betrachten. Woher sonst jenes Aufsteigen im Frühling, ehe noch die Blätter da sind?

Wenn es aber wahr ist, dass die Verdunstung im Sommer eine erste Bedingung jenes Aufsteigens ist — und dies geht aus den obigen Erörterungen hervor — dann ist die Entwicklung der jugendlichen Theile im Frühling und ihr Bedürfniss an Wasser, um sich frei entwickeln zu können, die erste Ursache des Aufsteigens der Säfte im Frühling. Hier unterscheide man aber zwei verschiedene thätige Ursachen, die, welche sich auf die im Frühlingssafte aufgelösten Theile, und die, welche sich auf das blosse Wasser dieses Saftes bezieht. Den ersteren Einfluss kann man sich einfach in folgender Weise vorstellen. Wenn man in zwei Gefässen, in welchen die nämliche Salzlösung, aber in einem verschiedenen Concentrationsgrade enthalten wäre, und die durch einen Heber mit einander in Gemeinschaft ständen, in dem einen Gefässe die Kristallisation des Salzes anfangen sähe, während die andere Auflösung ein wenig zu verdünnt wäre, so würde man sehen, dass das Salz der schwächeren Solution sich durch den Heber zu der ursprünglich concentrirteren begäbe, in Folge des verminderten

Concentrationsgrades der Auflösung, aus welcher die Kristalle abgesetzt werden. Und ebenso verhält es sich bei der Entwicklung neuer Zellen im Frühling. Indem sich aus Dextrin Cellulose bildet, wird der vorhandene Pflanzensaft weniger concentrirt. Durch den gegenseitigen Austausch der Bestandtheile der benachbarten Zellen wird aber das gestörte Gleichgewicht wieder ausgeglichen.

Allein die neugebildeten Zellen bedürfen des Saftes, um einen Raum zu füllen, welchen der Pflanzentheil früher nicht einnahm. Das Bläschen, welches so eben noch nicht bestand und jetzt gebildet ist, erfordert Flüssigkeit, und diese kann nur von den benachbarten Zellen hinzugeführt werden, die, indem sie dadurch ihres Pflanzensaftes beraubt werden, diesen von untenher und endlich aus dem Boden zu ergänzen suchen.

So lange die Entwicklung neuer Zellenreihen fortdauert, wirkt diese Quelle des Aufsteigens der Säfte fort; sie wird durch die Entwicklung der neuen Pflanzentheile immer mehr unterstützt, bis diese, nachdem sie gänzlich entwickelt sind, bloss der Verdunstung die Förderung jenes Aufsteigens überlassen.

Allein diese Verdunstung fängt sogleich im Frühling an, sobald die Knospe geöffnet ist, und wenn die Theilchen dieser letzteren dann gleich klein sind, sind sie dafür auch zart und einer viel stärkeren Verdunstung fähig, als gleich grosse Oberflächen der Blätter im Sommer. Die noch mit wenig festen Stoffen versehenen jugendlichen Zellen geben so viel leichter Anlass, dass Wasser in die Atmosphäre verdunstet, als die älteren Blätter. So gehört denn auch die Verdunstung durch die Blätter im Frühling schon ziemlich frühe zu den kräftigen Ursachen der Aufnahme von Nahrungsstoffen aus dem Boden, und es brauchen also keine besondere und fremde Ursachen zu Hülfe genommen zu werden, um jenes Aufsteigen der Säfte im Frühling zu erklären.

Der vorhin erwähnten Ursache der Säfteverdünnung durch die Verwandlung des Dextrins in Cellulose steht eine andere

sehr wichtige gegenüber. Sobald nämlich die Blätter anfangen sich zu entwickeln, bilden sie unter dem Einflusse und der Mitwirkung organischer Stoffe, von $C O^2$ und H^2 O Körper, die C H O enthalten, während O ausgeschieden wird. In den jugendlichen Zellen der Blätter werden also feste Körper gebildet. Diese festen Stoffe brauchen Wasser, um sich zu verdünnen, und zwar nach Regeln, die wir unten erörtern werden, und während jene Verdünnung statt findet, muss der Pflanzensaft nothwendiger Weise aus der einen Zelle in die andere hinaufsteigen, und so die ganze Pflanze hindurch.

Wenn also auch die Verdünnung des Pflanzensafts — durch die Verwandlung des Dextrins in aus Cellulose bestehende häutige Schläuche — gewissermaassen durch die Bildung neuer Substanzen aus der von den Blättern aufgenommenen Kohlensäure compensirt wird, so laufen doch die beiden Verrichtungen auf eine Vermehrung der Zellenreihen hinaus, sie erzielen die Füllung jener Zellen mit Flüssigkeit, eine stärkere Verdunstung durch die in so hohem Grade vergrösserte Oberfläche der wachsenden Blätter und also zuletzt die Aufnahme von Stoffen aus dem Boden.

Das Hinuntersteigen fester Substanzen in dem aufsteigenden Pflanzensafte.

Zu den sehr wichtigen Quellen der Bildung complexer Verbindungen in den Pflanzen gehört namentlich, dass zwei sehr verschiedene Arten von Nahrungsstoffen einander in zwei entgegengesetzten Richtungen begegnen: die organischen Ammoniaksalze und die organischen Salze des Bodens mit kohlensäurehaltigem Wasser, die durch die Wurzel eintreten, einerseits, und andererseits die durch die Blätter in die Pflanze übergehende Kohlensäure. Wenn doch die Hauptursache der Erzeugung neuer und eigenthümlicher Verbindungen in den Pflanzen jene grenzenlose Vervielfältigung der kleinen Räume, der kleinen Apparate ist, in welchen jene unaufhörlich ein- und austretenden

Stoffe enthalten sind, zwischen denen ein immerwährender Austausch stattfindet; wenn jene neue Verbindungen erzeugende Kraft wirklich in jener Mannigfaltigkeit der Gelegenheiten zum Wechsel der Bestandtheile begründet ist: — dann muss bei zwei entgegengesetzten Strömen ganz verschiedener Stoffe in den Pflanzen die Zahl der Produkte beträchtlich wachsen. Der eiweissähnliche Stoff, der fortwährend in die Wurzel eintritt und in der Pflanze aufsteigt, hat überall, wo er auf seinem Wege absteigenden stickstofffreien Körpern begegnet, Gelegenheit, um seinen Zersetzungszustand auf diese zu übertragen, während die Substanz, welche die Ursache der Desoxydation ist und die ohne Zweifel ebenfalls durch die Wurzeln der Pflanze zugeführt wird, jener Zersetzung eine bestimmte Richtung ertheilt.

In der That, wenn man sich in die Vorstellung über die Mannigfaltigkeit der Einflüsse, denen die von aussen in die Pflanze eindringenden Stoffe ausgesetzt werden, hineindenkt, dann muss man sich wundern, dass die daraus hervorgehenden organischen Gruppen nicht noch mannigfaltiger sind; namentlich muss man sich wundern, dass so viele allgemein verbreitete, vollkommen identische Gruppen, wie Cellulose, Dextrin, Stärkmehl u. s. w. in den Pflanzen bestehen können. Ja man könnte dadurch eher dazu geneigt werden, nicht zwei Zellen im ganzen Pflanzenreich den nämlichen Inhalt zuzuschreiben, als Anstoss zu nehmen an dem Reichthum und der Mannigfaltigkeit der Verbindungen. — Bloss desshalb, weil die Allotropie der Elemente nicht grenzenlos ist, sondern beschränkt zu sein scheint, und weil die Verbindungen der Grundstoffe sich von einander nur um Multipla ganzer Zahlen unterscheiden, die eine bestimmte Grenze nicht überschreiten, ist auch die Anzahl der vegetabilischen Gruppen nicht unbegrenzt. —

Um die Ueberschrift dieses Kapitels zu veranschaulichen, will ich die Holzbildung zum Beispiel wählen, und vorher mittheilen, was man darüber in unserer Zeit gelehrt hat.

Die Art und Weise, auf welche die Holzbildung in den

Pflanzen vor sich geht, ist gar häufig von den Botanikern behandelt worden [1]). *Dupetit-Thouars* hat davon die folgende, schon früher vom Astronomen *De la Hire* mitgetheilte Vorstellung gegeben. Die Knospen sind wahre Keime neuer Pflanzen. So wie der dem Boden anvertraute Samen im Boden Wurzeln treibt und einen anderen Theil in die Luft erhebt, so thut dies auch die Knospe. Sie entwickelt ihre Wurzeln in der Mutterpflanze nach unten, und im entgegengesetzten Sinne treibt sie aufwärts Blätter und Blüthen. Die beiden letzteren fallen in jeder, zu neuer Entwicklung vorbereitenden Jahreszeit ab; die ersteren bleiben, und da sich die Knospenwurzeln an die innere Seite der Rinde durch den ganzen Stamm der Mutterpflanze bis untenhin ausbreiten, und sich dies bei jeder neuen Entwicklung der Knospen wiederholt, so wird jedesmal gegen die inneren Wände der Rinde eine neue Schichte von Knospenwurzeln abgelagert, mit anderen Worten, es entstehen dadurch die bekannten Jahresringe des Holzes und zugleich die jährlichen Ausbreitungen der Wurzeln der Mutterpflanze in dem Boden.

Gaudichaud hat diese Vorstellung vielfach erweitert. Nach ihm und nach einer ziemlich verbreiteten Vorstellung giebt es einen aufsteigenden und einen niedersteigenden Saft in den Pflanzen. Aus dem zwischen der Bastlage der Rinde und dem Holze hinabsteigenden Safte entwickeln sich Zellen in der Richtung der Markstrahlen des Holzes, also in horizontaler Richtung, während in einer verticalen von oben nach unten gehenden Richtung die Gefässe und Holzzellen aus demselben zwischen der Rinde und dem Holze hinuntersteigenden Safte entwickelt werden.

Diese Vorstellung von der Entwicklung der Pflanzentheile in einer hinabsteigenden Richtung — wir lassen für jetzt die Frage über den aufsteigenden und niedersteigenden Saft unberücksichtigt — schliesst sich an viele Thatsachen. Wenn man

[1]) Man lese den warmen Streit, der darüber zwischen *Mirbel* und *Gaudichaud* geführt wurde. Comptes rendus, 1843, p. 1214, 1 Ser. p. 1235, p. 1379 und Annales des sciences naturelles 2 Sér. Tom. 20.

z. B. ein Band um die Rinde des Stammes legt, so entsteht *über* dem Bande eine Wulstung von Gefässbündeln, die nur aus abwärts geführten Stoffen erzeugt sein kann.

Zu den Gründen, mit welchen man diese Ansicht bekämpft hat, gehört folgender. Während die von den Knospen abwärts gehenden Wurzeln zwischen der Bastlage der Rinde und dem Holze die Holzbildung bedingen sollten, müsste die stärkste Entwicklung jener Gefässbündel in der Nähe der Knospen statt finden, und dadurch müsste an den zuletzt entwickelten Aesten eine viel stärkere Holzbildung bemerkt werden, als an dem weit von den Knospen entfernten Stamme. Indess das Gegentheil ist wahr. Bei dem Impfen und Propfen müsste man auch, nachdem die miteinander befestigten Theile völlig verwachsen sind, eine Gleichförmigkeit in dem Holze beobachten; das Subject, auf welches man geimpft hat, müsste der geimpften Knospe gleich werden; dies ist aber nicht der Fall.

Wenn man Abies pectinata einige Fuss über dem Boden absägt, so entwickelt sich der Stamm noch viele Jahre; es legen sich neue Holzschichten um ihn herum, als wenn der ganze Baum lebte (*Dutrochet*) [1].

Sollten wir aus dem Angeführten schliessen dürfen, dass die *Säfte*, aus denen sich das Holz bildet, im normalen Zustande wirklich zwischen der Rinde und dem Holze von oben nach unten geführt werden, und dass in krankhaften Zuständen der Rinde, z. B. bei einer circulairen Verletzung derselben, neue Kanäle thätig werden, grade so wie wir dies nach der Unterbindung grosser Arterien bei den Thieren sehen? Ich glaube, dass von allem diesem *nichts* erwiesen ist. Wenn man von Auf- und Niedersteigen der Säfte redet, so muss man dies nicht aus Erscheinungen materieller Secretion erschliessen, sondern aus Beobachtungen über jene *Saft*bewegung selbst.

Weiter glaube ich, dass man auch keinenfalls die Ansicht vertheidigen kann, die neuen Holzringe seien Wurzeln der

[1]) Cours élémentaire d'hist. nat., Bot. par *M. A. de Jussieu,* T. I, p. 271.

Knospen, sondern dass von obenher nur *Stoffe* herbeigeführt werden, aus denen in der Richtung der Markstrahlen Zellen, und in der Richtung von oben nach unten Gefässe entwickelt werden. In krankhaften Zuständen der Rinde mag dies auf eine andere, bisher noch unbekannte Weise geschehen.

Um die Erscheinungen abwärts gerichteter Nahrungsstoffe zu verstehen, müssen wir das Niedersteigen von *Säften*, von *Flüssigkeiten*, von dem Niedersteigen in diesen Säften *aufgelöster Stoffe* wohl unterscheiden. Es ist auffallend, dass diese Unterscheidung bis jetzt gar nicht gemacht wurde. Es scheinen mir dadurch viele Fragen mit einem Schlage beantwortet zu werden. Von dem Niedersteigen von *Säften* d. h. von Flüssigkeiten der Pflanze hat man auch nicht *eine* Beobachtung. Es ist also auch kein Grund vorhanden, dieses anzunehmen. Vom Niedersteigen aufgelöster *Stoffe* sind sehr viele unzweifelhafte Beobachtungen bekannt.

Alle von *Dupétit-Thouars* und *Gaudichaud* genannte Erscheinungen beweisen einfach das Niedersteigen aufgelöster *Stoffe*. Und wenn wir nach den bekannten Erscheinungen der Endosmose fragen, so liegt auf der Hand, dass diese in der Regel nicht statt finden, ohne dass ein doppelter Wechsel der durch die Membran hindurch tretenden Flüssigkeit statt findet.

Wenn zwischen einer Substanz A und einer anderen B, die beide in Wasser gelöst sind, ein endosmotischer Austausch vor sich gehen soll, so wird in der Regel A nach B, aber auch B nach A bewegt werden. Daraus wird AB und BA entstehen.

Wenn es wirklich in der Pflanze endosmotische Wirkungen giebt, was wohl niemand bezweifeln wird, wenn wirklich durch die Wurzeln aus dem Boden A, durch die Blätter aus der Atmosphäre B aufgenommen wird, so muss in verschiedenem Maasse überall AB und BA entstehen; und wenn auch aller Pflanzen*saft*, d. h. alle wässrige Flüssigkeit aufsteigt, so müssen doch B und die Produkte aus B abwärts steigen.

Auf diese Weise muss, wie ich glaube, die Erscheinung der Holzbildung nebst so vielen anderen, die aus den beiden

entgegengesetzten Quellen der Pflanzennahrung, dem Boden und der atmosphärischen Luft, abgeleitet werden müssen, gedacht werden. Da nun die grösste Menge der Kohlensäure aus der Luft und also *von obenher* zugeführt wird (S. 715), da hieraus also die grösste Menge der festen Stoffe bereitet werden muss, muss es *scheinen,* als ob die Zufuhr des Pflanzen*saftes,* welcher die festen Stoffe mit sich führt, von oben nach unten geschieht. Die dünne wässrige Flüssigkeit *steigt* indess, für so weit sie aus Wasser besteht, *aufwärts,* und in der Pflanze *wechseln* die organischen Stoffe und die aufgelösten Salze des Bodens mit der Kohlensäure aus den Blättern und ihren Produkten endosmotisch in tausendfachen Richtungen, so dass sich nothwendiger Weise Erscheinungen ergeben, aus welchen man sieht, dass feste Stoffe abwärts geführt werden.

Es giebt also keinen Grund, eine Wanderung der Säfte aus den Wurzeln in die Blätter und von hier abwärts anzunehmen, wohl aber sie zu läugnen. Es giebt keinen Grund, von der Verarbeitung der durch die Wurzel aufgenommenen Nahrungsstoffe in den Blättern zu reden, wenn man von den kleinen mit dem Regenwasser aufgenommenen Kohlensäuremengen absieht, welche nicht im Finsteren zersetzt werden können.

Wir müssen indess hier noch bei einem scheinbaren Widerspruch verweilen. Zunächst könnte darin ein Widerspruch zu liegen scheinen, dass durch den endosmotischen Wechsel des Zelleninhalts die Baumstämme nächst der Wurzel am dicksten sind, und von hierher nach obenhin, auch ohne die Theilung in Aeste, dünner werden, während doch die Masse der Nahrungsmittel von den Blättern aus zugeführt wird. Allein grade diese Thatsache bestätigt meine frühere Bemerkung, dass die Stoffe, welche den Substanzen den Impuls zum Wechsel geben müssen, aus dem Boden zugeführt werden. Die von obenher aus den Blättern durch die Aeste und den Stamm niedersteigenden Substanzen, brauchen, um eine Form annehmen zu können, um z. B. die Form von Holzzellen zu bilden, einen Impuls von in der Zersetzung begriffenen Stoffen. Da nun diese aus dem Bo-

den aufsteigen, muss von dorther die Bildung neuer Zellen am stärksten sein, wo diese stickstoffhaltigen Substanzen sich in der grössten Menge finden. Der Stamm muss also dort am dicksten sein, und höher aufwärts an Dicke abnehmen.

Während indess im Frühling viele dieser stickstoffhaltigen Stoffe im Stamme aus dem Pflanzensaft in Zellenwände übertreten und dort wie unthätig sind (S. 511), häuft sich im Verlaufe des Sommers dieser nämliche stickstoffhaltige Körper stets höher im Stamme auf, und er steigt bis an die Grenzen der Aeste aufwärts. Hier verweilt er, bis er in dem nächsten Frühling in der aus dem Boden zugeführten Flüssigkeit von neuem gelöst wird; hierdurch giebt es einen reichlichen, aus dem vorigen Jahr herstammenden Vorrath desselben, der unmittelbar in die Blätter übergeführt werden und dort Thätigkeit erregen, d. h. neue Produkte aus der durch die Blätter aufgenommenen Kohlensäure bilden kann.

Schliesslich wollen wir noch daran erinnern, dass, wenn auch die Kohlensäure in den Blättern unmittelbar in eine feste aber lösliche organische Substanz verwandelt würde, daraus noch nicht folgt, dass diese feste Substanz unmittelbar der Zellen- oder Holzbildung dienen könne, und dass somit auch kein Grund vorhanden ist — selbst wenn alle Nahrung durch die Blätter und nichts aus dem Boden aufgenommen würde — weshalb der Stamm dünn, und die Aeste dahingegen sehr dick sein sollten.

Abgesehen von den Fragen über die morphologische Entwicklung des Holzes, glaube ich dass so viel feststeht:

1) Der Pflanzensaft steigt überall aufwärts, nirgendwo abwärts.

2) In der Richtung nach oben führt er Protein mit sich, welches allein aus den Bestandtheilen des Bodens, und nicht aus dem, was die Blätter aufnehmen, bereitet werden kann.

3) Die Masse der festen Stoffe entsteht aber an der entgegengesetzten Grenze der Pflanze, an dem Gipfel; dort ist wenigstens die Quelle jener Masse.

4) Vermöge eines endosmotischen Austausches von oben nach unten und von unten nach oben steigt eine gewisse Menge der festen Stoffe *hinunter* in die stets *aufsteigende* wässrige Flüssigkeit, wie dies aus der Lehre der Endosmose sattsam bekannt ist.

5) Aus jenen hinuntersteigenden festen Stoffen entwickeln sich neue Zellenreihen, neue Stoffe, und dadurch findet hauptsächlich die Holzbildung statt.

Milchsaftgefässe und Milchsaft.

Es hat sich namentlich *Schultz* beeifert, diese Milchsaftgefässe zu untersuchen und zu beschreiben[1]) und ihren Inhalt zu erforschen, während viele Andere, zumal *Treviranus,* sie bekämpft haben. Nicht etwa dass man ein eigenes System in den Pflanzen vorhandener, saftführender Gefässe läugnen könnte; aber während *Schultz* diesen Saft *Lebenssaft, Nahrungssaft* nannte, betrachtete *Treviranus* ihn wie eine abgesonderte Flüssigkeit, und wie Ersterer diesen Gefässen eine sehr wichtige Function zuschrieb, so glaubte Letzterer, dass sie von sehr untergeordnetem Werthe für die Pflanzen seien.

Durch die Güte meines Collegen *Harting* habe ich Gelegenheit gehabt, die Erscheinung der Saftbewegung in den Nebenblättern von Ficus elastica und in dem Blumenblatt von Papaver orientale, sowie in einigen anderen Pflanzentheilen zu sehen, allein wegen meiner beschränkten Kenntniss des Gegenstandes muss ich mich hierin hauptsächlich auf die Beobachtungen Anderer berufen. Die Sache ist für die Pflanzenphysiologie von der höchsten Wichtigkeit. Denn wenn es wirklich saftführende Gefässe in den Pflanzen giebt, in welchen der Saft bewegt wird, so wie bei den Thieren, so ist dadurch eine neue Analogie zwischen den Functionen beider zu Tage ge-

[1]) Mémoires presentés à l'Académie, 1841, Tom. 7, p. 1; und Verhandlungen der Kais. Leop. Car. Acad. Bd. 18. Suppl. 2, 1841. Man lese weiter Flora 1843, N. 43 und 44. Ann. des Sc. nat. Bot. Janv. et Mars 1844.

fördert, und es fände sich also, dass man die allgemeinen Principien der Absonderung und Ernährung, mit einem Worte des Stoffwechsels, wie diese für die Thiere gelten, theilweise auch auf die Pflanzen anwenden könnte.

Man erkennt die saftführenden Gefässe leicht an ihrem Inhalt. In Pausen bewegt sich in einem unter dem Miskroskop beobachteten fortlaufenden Kanälchen (S. 464) ein flüssiger Inhalt; man erkennt diese Bewegung leicht, an einer Menge kugliger oder anders gestalteter Körperchen, die über das Gesichtsfeld geführt werden. Diese Kügelchen schwimmen in einer Flüssigkeit, so wie die Blutkörperchen in dem Blute und machen den wässrigen Pflanzensaft durch ihre grosse Menge milchicht. Deshalb heisst der Saft Milchsaft. Was *Schultz* über die Natur dieser Kügelchen mittheilt, ist ohne Zweifel nicht hinlänglich festgestellt. Er glaubt, dass sie an der Bildung eines festen Körpers aus dem Milchsafte, wenn er mit der Luft in Berührung kommt, keinen Antheil nehmen, sondern dass das unter diesen Umständen aus dem Milchsaft entstehende Coagulum aus unsichtbaren, in dem Safte aufgelösten, oder doch diesen nicht milchicht trübenden Theilchen gebildet werde; diese Theilchen sollen, indem sie sich aneinander anschliessen, eine elastische Substanz bilden, so wie der Faserstoff bei der Gerinnung des Bluts. Die elastische Substanz nennt er *Elastin,* und er hält es dafür, dass sie bloss aus Kautschuck, oder aus diesem und aus Wachs und Gummi besteht. Die Kügelchen selbst bestehen aus wachs- oder fettähnlichen Substanzen; sie fliessen bisweilen wie Fetttropfen ineinander; Aether und Alkohol ziehen Fett aus denselben aus, und lösen die kleineren gänzlich auf, während die grösseren um einen wachsähnlichen Inhalt eine in diesen Flüssigkeiten unlösliche Membran besitzen.

Kautschuck, Wachs, Fett, und ausserdem Zucker, Gummi, Eiweiss und Salze sind nach *Schultz* die Bestandtheile des Milchsafts.

Es erhellt schon bei einer oberflächlichen Betrachtung, dass *Schultz*, so gross auch seine Verdienste um das Studium der

saftführenden Gefässe sein mögen, nicht hinreichende chemische Kenntnisse besass, um über die Natur des Saftes einige klare Ideen mitzutheilen; wir befinden uns denn auch hier gänzlich im Finstern. Ohne Zweifel herrscht eine sehr grosse Mannigfaltigkeit im Safte der Milchsaftgefässe. Bei manchen sind die Kügelchen wirklich Kautschuck, und sie bestehen daraus ausschliesslich; sie reihen sich beim Zutritt der Luft aneinander, und bilden ein wahres Coagulum. *Faraday* hat dies erwiesen für den Milchsaft, welcher den Kautschuck liefert. In vielen anderen Pflanzen findet sich ebenfalls Kautschuck; so enthält z. B. das Opium so viel davon, dass es, wenn es nur nicht zu trocken ist, dadurch wirklich elastisch ist; allein in sehr vielen Säften findet man keine Spur von Kautschuck, und die Behauptungen von *Schultz* scheinen mir deshalb in dreifacher Hinsicht unrichtig: dass die Saftkügelchen wirklich Kautschuckkügelchen sein können und nicht stets aus Fett oder Wachs zu bestehen brauchen; dass sie noch mancherlei andere Stoffe enthalten können, worüber keine Untersuchungen angestellt sind; und dass sich in vielen Säften keine Spur von Kautschuck findet, und das in ihnen gebildete Coagulum also den Namen *Elastin* nicht immer verdient. Durch einige wenige Reactionen dieses Saftes lernen wir nichts über dessen Natur, und wir erwarten also von der Zukunft die ersten gründlichen Kenntnisse in diesem wichtigen Theil der Pflanzenphysiologie.

Mohl hat indess wichtige Beobachtungen über die Natur dieser Kügelchen mitgetheilt[1]). In dem Safte von Sambucus Ebulus, der ausserordentlich grosse Saftkügelchen enthält — nämlich von $\frac{1}{50}$ M. M., während die des Feigenbaums $\frac{1}{400}$ — $\frac{1}{200}$ M. M. betragen; es giebt indess viel kleinere in dem Milchsaft von Euphorbia, Asclepias, Papaver und Cichoreum, — fand er Kügelchen, die aus einer halbweichen, sehr klebrigen, fadenziehenden Substanz bestanden, welche sich durch Druck vereinigen liessen und keine Spur einer Membran zeigten. Wenn

[1]) Bot. Zeitung, 18. Aug. 1843.

man sie mit einer Nadel umrührt, verbinden sich die Kügelchen zu einer klebrigen Masse.

Eine dünne Schichte auf dem Objectivglase getrockneten Milchsaftes giebt kein Coagulum und nichts der Blutgerinnung Aehnliches; wenn man Wasser zusetzt, hat man im Gegentheil wieder den ursprünglichen Saft mit den Kügelchen, so wie sie sich in dem frischen Safte zeigten.

Wenn man einen Theil getrockneten Milchsaftes mit einer Nadel ritzt, so springen Partikelchen einer spröden, gummiähnlichen Substanz ab. In dieser getrockneten spröden Substanz liegen die Kügelchen vertheilt.

Aus diesen Beobachtungen *Mohl's* ergiebt sich also, dass kautschuckhaltiger Milchsaft diese Substanz in der Form von Kügelchen enthält, und nicht wie *Schultz* behauptet, in aufgelöstem, vertheiltem Zustande, so wie die Faserstoff bildende Substanz des Bluts. Die von *Mohl* gefundenen Kügelchen werden in Alkohol nicht, in Aether aber wohl aufgelöst, woher auch Aether die Eigenschaft hat, die milchichte Beschaffenheit des Milchsafts zu vermindern. Wenn ein solcher mit Aether behandelter Milchsaft getrocknet ist, so verhält er sich nach *Mohl* in vieler Hinsicht wie Kautschuck.

Die von *Schultz* zwischen dem Milchsafte und Thierblut angestellte Vergleichung, die Gerinnung des letzteren, die er mit der Absonderung des Kautschucks vergleicht, u. s. w. ist also durch die Untersuchungen *Mohl's* widerlegt.

Rücksichtlich der Bewegungen des Milchsafts sieht man deutlich eine fortschreitende, aber auch eine rotirende Bewegung der Kügelchen, und eine Bewegung dieser letzteren in einer anderen Richtung, als die, in welcher der Saft fortbewegt wird. Letztere kann von äusseren Einflüssen abhängen, aber auch noch unbekannte Ursachen haben. Ihre Existenz ist nicht zu verkennen. Zu den Ursachen, welche sie erzeugen können, gehören die Einflüsse des Lichts und der Wärme, und Molecularanziehung. Sie aber für jetzt zu erklären, scheint mir unmöglich. So lange die Ursachen der Molecularbewegung *Brown's*

verhüllt sind, lässt sich über jene eigenthümliche, gleichsam von Anziehung und Abstossung abhängende Bewegung von Zellensäften oder vom Milchsafte gar nichts Begründetes sagen.

Die rotirende Bewegung der Kügelchen hat nichts Ausgezeichnetes; nur zeigt sie, dass die Körperchen nicht sphärisch sind; bisweilen sieht man sie deutlich vieleckig. Wenn sie sphärisch wären, so würde man ihre Rotation nicht sehen können.

Die fortschreitende Bewegung ist, wenn ich nach meinen Beobachtungen urtheile, sehr verschieden. Bisweilen, und zwar in der ersten Zeit, dass man irgend einen Pflanzensaft beobachtet, fahren die Kügelchen rasch über das Sehfeld. Allmälig nimmt die Schnelligkeit der Bewegung ab, sie wird unterbrochen wieder hergestellt, es entstehen ziemlich regelmässige Pausen; bisweilen hört die Bewegung plötzlich auf, und dann kehrt sie selten wieder; bisweilen kehrt sich die Richtung plötzlich um. Die Anastomosen der saftführenden Gefässe leiten seitliche Ströme in den Hauptstrom, die sich regelmässig mit diesen vereinigen, u. s. w.

Es ist nun die Frage, ob diese Bewegungen einige Aehnlichkeit mit denen des Bluts in den Haargefässen haben? Die kurze Aufzählung der Erscheinungen lehrt schon das Gegentheil, und nach Beobachtungen von *Morren*, *Amici* und namentlich von *Mohl*[1]) steht es fest, dass äussere Verhältnisse jene Bewegung bestimmen: wenn man z. B. auf ein Blatt bei der Beobachtung unter dem Mikroskop einen Druck anwendet; wenn man das Blatt abschneidet, so dass der Saft aus dem Blattstiel ausfliesst; wenn die Sonnenstrahlen grade auf die beobachtete Stelle fallen, und Wärme erzeugen; wenn man den beobachteten Pflanzentheil mit Wasser befeuchtet, so dass dieses endosmotisch aufgenommen wird, u. s. w. Indem sie von solchen äusseren Ursachen abhängt, erklärt sich auch die Abwechslung in der Richtung und in der Dauer der Bewegung des Milchsafts, u. s. w.

[1]) Bot. Zeitung, 25. Aug. 1843.

Ist damit die Wichtigkeit der Existenz der saftführenden Gefässe und des Milchsafts für die Pflanzenphysiologie aufgehoben? Ich sehe es nicht ein. Es wirken Tausende von äusseren Einflüssen auf die Pflanzen ein, durch welche jene Saftbewegung unterhalten werden kann, hierdurch kann also eine Flüssigkeit von weit entfernten Theilen der Pflanzen durch Röhren anderen Theilen zugeführt werden, und es kann in dieser Weise bei den Pflanzen durch den Milchsaft eine ähnliche Wirkung erzielt werden, wie bei den Thieren durch das Blut: nämlich ein durch eine gemeinschaftliche Flüssigkeit unterstützter Stoffwechsel, ein Stoffwechsel, der von einer Flüssigkeit ausgeht, welcher hier etwas entnommen und dort etwas mitgetheilt wird.

Jene äusseren Ursachen, welche in den Pflanzen die Saftbewegungen erhalten können, sind die Sonnenwärme, welche die verschiedenen Theile der Blätter ungleichmässig erwärmt, die Bewegung der Luft, wenn auch nur von den leisesten Winden, und viele andere.

Wenn also auch schon eine, wie es scheint, von *Schultz* irriger Weise behauptete *organische* Ursache der Saftbewegung wegfällt: die Bewegung selbst fällt damit nicht hinweg, und ebensowenig der Nutzen, den der Saft in den Pflanzen erfüllen kann.

Allein es bleibt noch die Frage, ob man diesen Saft dann wohl *Lebenssaft* nennen darf; er könnte ja wichtigen Functionen vorstehen, ohne desshalb die Hauptfunction der Pflanzen zu unterhalten.

Es ist schwer, wo nicht unmöglich, diese Frage bestimmt zu entscheiden. Allein wenn der Saft durch die Gefässe thätige Pflanzentheile durchzieht und mit zum Stoffwechsel dient; wenn er also nicht zu den Excreten der Pflanzen gehört, so ist er auch ohne Zweifel wichtig für den Stoffwechsel und für das ganze Leben der Pflanze. Die ja oder nicht regelmässig fortschreitende, und ja oder nicht durch organische Ursachen bedingte Bewegung bestimmt hier den Werth des Milchsafts

keineswegs. Auch durch die unregelmässigste, gänzlich von äusseren Ursachen abhängige Bewegung könnte der Milchsaft doch recht gut den nämlichen Dienst leisten, wie das Blut in den Haargefässen der Thiere, indem er endosmotisch Stoffe an die Zellen abtritt oder aus den Zellen schöpft; oder vielmehr es unterliegt keinem Zweifel, dass dies bei einer wässrigen Flüssigkeit und bei Wänden, wie die der Milchsaftgefässe wirklich der Fall sein muss, und wenn wir also dem Milchsaft den Namen *Lebenssaft* nicht ertheilen dürfen, sein Werth für das Pflanzenleben ist nichtsdestoweniger ausgemacht. Es möge also von den Lehren, welche *Schultz* aufgestellt hat, vieles hinwegfallen: die Hauptsache darin muss, wie ich glaube, auch nach *Mohl's* [1]) Bemerkungen, stehen bleiben.

Ich schliesse diese kurze Notiz über das, was wir von dem Milchsaft und den saftführenden Gefässen wissen, indem ich wiederhole, dass es in sehr vielen Pflanzentheilen enge Röhren giebt, in welchen ein mit sehr ungleichartigen Bestandtheilen vermischter, wässriger Saft durch äussere Einflüsse fortbewegt werden kann, aus welchen die benachbarten Zellen schöpfen und dem sie Stoffe mittheilen, nach Analogie des Verhältnisses der Haargefässe zu den von ihnen durchschnittenen thierischen Geweben.

Dass dieser Milchsaft in Pflanzen verschiedener Familien verschieden und in Pflanzen einer und derselben Familie den Hauptbestandtheilen nach gleich ist, lässt sich unseren jetzigen chemischen Kenntnissen von diesen Milchsäften schon entnehmen. Allein im Verhältnisse zur Pflanzenphysiologie ermangelt diese Kenntniss fast noch aller und jeder Grundlage [1]). Wir kennen das Opium, das Antiargift und viele sogenannte Gummiharze, als feste Rückstände bei der Verdunstung des Milchsafts; es würde aber durchaus auf Abwege führen, wenn wir daraus irgend einen allgemeinen Schluss über die Zusam-

[1]) Bot. Zeitung, 1. Sept. 1843.

[2]) Vergl. weiter über die Saftbewegung der Pflanzengefässe, *Rominger*, in bot. Zeitung, 17. März 1843.

mensetzung des Saftes der saftführenden Gefässe ziehen wollten.

Boussingault [1]) hat einige von diesen Säften behandelt. Den Saft der Frucht von Carica Papaya, welchen *Vauquelin* früher untersucht hatte, fand er, wenn gleich weniger milchicht, in dem Stamme wieder. Er war wie Wasser und Milch; der Luft ausgesetzt coagulirte er rasch. Ausser einer grossen Menge Protein, fand er darin in geringer Menge Zucker, Wachs und Harz.

Der Saft von Galactodendron dulce, den *de Rivero* und *Boussingault* untersucht haben, stimmt im äusseren Ansehen so sehr mit Kuhmilch überein, dass man ihn fast dafür halten könnte. Durch Säuren wird er aber nicht coagulirt, und durch Alkohol nur wenig. Durch Wärme bildet sich ein dünnes Häutchen auf der Oberfläche, durch weiteres Verdunsten zeigen sich Oeltropfen, die immer zunehmen und nachdem das Wasser verdunstet ist, bleibt eine fettige Flüssigkeit zurück, in welcher eine faserige Masse schwimmt, und die nach noch stärkerer Erwärmung, so stark nach gebratenem Fleisch riecht, dass man beide Gerüche nicht unterscheiden kann.

Der Fettstoff schmilzt bei 60° und ist löslich in Alkohol und Kali; die faserige Masse schien dem Faserstoff des Bluts ganz gleich, was aber nichts mehr heisst, als dass sie nach *Boussingault's* Angabe der Eigenschaften die Merkmale des Pflanzeneiweisses zeigte. Daher erhält auch dieser Milchsaft, wenn er alt wird, den Geruch von altem Käse.

Ausser Pflanzeneiweiss und einem Fettstoff, der dem Wachs in einigen Eigenschaften gleicht, enthielt dieser Milchsaft noch etwas Zucker, eine freie Säure, einige Salze und Wasser. Es ist also eine wahre Emulsion und in der That mit der Kuhmilch vergleichbar, und es hat also gar nichts Befremdendes, dass man ihn zu gewöhnlichem Getränk benutzt.

Den Saft von Hura crepitans hält *Boussingault* für giftig,

[1]) Economie rurale, Tome I, p. 125.

selbst beim Verdunsten. Er gleicht dem Safte des Kuhbaums, nur ist er etwas gelblicher und er enthält Glutin oder Casein, ein blasenziehendes Oel, ein Alkaloid, einen stickstoffhaltigen Körper, der einen Geruch verbreitet, Salze und Wasser.

Der Saft von Antiaris toxicaria, aus welchem man das Upasantiargift durch einfaches Verdunsten des Wassers bereitet, enthält ausser diesem Wasser:

Pflanzeneiweiss . .	16,14
Gummi	12,34
Ein eigenes Harz . .	20,93
Myricin	7,02
Antiarin	3,56
Zucker	6,31
Extractivstoff und Salze	33,70
	100,00 [1])

Viele Pflanzen enthalten einen Milchsaft, der Kautschuck liefern kann. Namentlich geben Iatropha elastica, Haevea Caoutchouc, Ficus indica, Artocarpus integrifolia, alles Bäume aus warmen Gegenden, einen sehr milchichten, kautschuckreichen Pflanzensaft. Nachdem man bis durch die Rinde hindurch eingeschnitten hat, fliesst der Saft aus, der in verschlossenen Flaschen lange aufbewahrt werden kann. Nachdem das Wasser verdunstet ist, bleibt das Kautschuck mit seinen wohlbekannten Eigenschaften zurück. In 100 Th. fand *Faraday:*

Kautschuck	32
Pflanzeneiweiss	2
Stickstoffhaltige, bittere in Alkohol und Wasser lösliche Substanz	7
Zucker	3
Wasser	56
	100

Durch Zusatz von Wasser wäscht man die dem Kautschuck

[1]) Natuur - en Scheikundig Archief. D. 5.

beigemischte Substanz aus, und man kann ihn beinahe rein erhalten.

Das Opium endlich, welches man durch Einschnitte in die Samenkapseln von Papaver somniferum erhält, ist gleichfalls ein Milchsaft, in welchem man Narcotin, Morphin, Thebain, Meconin, Codein, Narcein, Meconsäure, Harz, Fett, Kautschuck, Gummi, Pflanzenschleim, Extractivstoff u. s. w. findet.

Absonderungsorgane.

Absonderungen.

Grade so wie die Pflanzen Kanäle besitzen, die mit Luft oder Flüssigkeit gefüllt sind, besitzen sie gewisse, weniger regelmässig röhrenförmige Höhlen, die mit Luft oder andern Stoffen, mit Schleim, Gummi, Harzen, balsamischen Stoffen gefüllt sind. Diese entstehen durch das Auseinanderweichen der Zellenreihen. Ausser den Harzen und balsamischen Stoffen, die Oxydationsprodukte der ätherischen Oele sind, also aus der Verbindung dieser Oele mit der in die Kanäle eindringenden atmosphärischen Luft entstehen, sind die anderen in diesen Kanälen vorhandenen Stoffe, das Gummi und der Schleim, einfach durch die Wände der Zellen ausgeschwitzt; sie werden als solche *in* den Zellen selbst gefunden und also von *Meyen* mit Unrecht zu den Excreten der Pflanzen gezählt, und man nennt die genannten Kanäle mit Unrecht Absonderungsorgane.

Es liegt also gar nichts Auffallendes in der Gegenwart jener ebengenannten Soffe in Kanälen, die bisweilen Luftkanäle sind, aber deshalb noch nicht von denen, welche ätherische Oele, Harze, Gummiarten u. s. w. enthalten, unterschieden zu werden verdienen; es liegt hier im Gegentheil eine allgemeine Ursache zum Grunde, nämlich die, dass die genannten Kanäle durch das Auseinanderweichen der Zellenreihen entstehen, Luft, ätherisches Oel, Schleim, Gummi aufnehmen, je nach der Beschaffenheit der benachbarten Zellen, die ihren Inhalt in dieselben hineinpressen, so dass der Kanal abwechselnd selbst

verschiedenen Functionen vorstehen könnte, indem er abwechselnd verschiedene Stoffe enthält. Ohne Zweifel ist dies der Fall mit den Harz- und Balsamkanälen, die eigentlich ursprünglich ätherische Oele enthalten müssen, aber weil sie zu gleicher Zeit Luft durchlassen oder enthalten, jenes Oel in Harz oder Balsam verwandeln; ein Unterschied, welcher von der Menge der eingetretenen Luft abhängt, da die Balsame doch Gemenge sind von Harzen und ätherischen Oelen, in welchen also die Oxydation weniger vollkommen ist, als in denen der Harze.

Die Gegenwart verschiedener Stoffe in eben diesen Kanälen hängt also ab von der Beschaffenheit der benachbarten Zellen, von den Stoffen, welche diese enthalten, und von der Function, welcher sie vorstehen. Von diesen Kanälen her werden die genannten Stoffe, Gummiarten, Harze, Balsame, Luft nur ausgetrieben; es kömmt ihnen die Function der Absonderung eben so wenig zu, wie der Harnblase der Thiere; diese Function ist anderswo zu suchen, und zwar in dem benachbarten Zelleninhalte; aus dem Wechsel der Bestandtheile dieses Inhalts entsteht eine neue Substanz, die, nachdem sie einmal bereitet ist, durch die Zellenwand hindurchschwitzt. Das Durchschwitzen nun ist von der Absonderung, von wirklicher Bildung verschieden; die an den genannten Kanälen angrenzenden Zellen enthalten den Stoff und treiben ihn aus; der Intercellulargang nimmt ihn nun auf, und wird um so grösser, je mehr Substanz durchschwitzt.

Der verschiedenen Länge der genannten Kanäle, ihrer Kürze in den Fruchthüllen der Umbellaten, wodurch der freie Zutritt der Luft beschränkt wird, ist es zuzuschreiben, dass manche dieser Kanäle ätherische Oele und keineswegs Harze enthalten, abgesehen davon, dass auch manche ätherische Oele weniger leicht zu Harzen oxydirt werden, als andere. *Decandolle* nennt sie *Réservoirs en coecum.*

Die eigentlichen absondernden Organe der Pflanzen sind ihre sogenannten Drüsen. Diese Organe sind von *Link, Mirbel,*

Guettard, Schrank und *Meyen* [1]) untersucht; sie dienen entweder dazu, Flüssigkeiten zu bereiten und hinauszuführen, oder sie stehen wenigstens der letzteren Function vor. Einige derselben liegen aber im Inneren der Pflanzen, und werden innere Drüsen genannt.

Die äusseren Drüsen sind einfach oder zusammengesetzt. Die einfachen bestehen bisweilen aus einer einzigen oder einigen wenigen Zellen, deren Stiel aus einem dünnen Haare besteht, während das Knöpfchen oder die Spitze die eigentliche Drüse darstellt: man nennt sie *pili capitati*. Die Haare selbst entstehen aus Zellen der Oberhaut, aus deren oberer Wand sie sich bilden. Diese Haare sind articulirt, d. h. aus der Zelle, welche sich aus der oberflächlichen Epidermiszelle entwickelt, bildet sich in der Richtung der Länge eine zweite Zelle, aus dieser eine dritte u. s. w., während am Ende ein Knötchen aus einer einzigen Zelle gebildet wird, in welcher die eigentliche Absonderung vor sich geht. Man kann diese Absonderung wie eine Umwandlung betrachten, welche eine kleine Gruppe der allgemeinen Pflanzenbestandtheile erleidet, wenn sie in einem einzelnen Bläschen der Atmosphäre dargeboten wird. Die abgesonderte Substanz ist ein ätherisches Oel; bisweilen enthält sie auch andere Stoffe, z. B. gefärbte Substanzen, die indess wohl Oxydationsprodukte des eigentlichen Secrets sein können, welches von der Luft nur durch eine dünne Zellwand abgeschieden ist. Dadurch sind sie dann roth, blau, gelb, grün gefärbt. Bisweilen, namentlich wenn die Zahl dieser gestielten Drüsen gross ist, enthalten sie wässerige Flüssigkeiten und dann vergrössern sie die Oberfläche der Pflanzen, wodurch das Verdunsten des Wassers gefördert wird. Man findet diese bei Chenopodiumarten; sie beschleunigen das Wachsthum der Pflanzen auf eine kräftige Weise. In diesem Falle gehören sie

[1]) *Link* in Philosophia Bot. p. 231. — *Mirbel*, Mémoires du Museum d'Hist. Nat. T. IX. p. 455. — *Guettard* in Histoire de l'Académie royale des sciences 1745—1750. — *Schrank* von den Nebengefässen der Pflanzen. 1794. — *Meyen*, die Secretionsorgane der Pflanzen, Berlin 1837.

aber nicht zu den eigentlichen Secretionsorganen der Pflanzen, nicht zu denen, durch welche andere Stoffe bereitet oder abgeschieden werden, als die, welche in den Pflanzen vorkommen.

Wenn man sie aus diesem Gesichtspunkt betrachtet, kann man also die jetzt allgemein herrschende Vorstellung, dass die Haare der Pflanzen Secretionsorgane sind, nicht billigen; wenn sie wässrige Flüssigkeiten enthalten und zur Verdunstung des Wassers dienen, und (indem also eine reichlichere Gelegenheit für das Aufsteigen neuer Nahrungssäfte entsteht), das Wachsthum fördern, dann kann man sie nicht Drüsen nennen, sondern ihre Function reiht sich an die der Epidermiszellen. Eine mit durch ihre Wände an der Oberfläche verdunstendem Wasser gefüllte Blase darf nicht ein Secretionsorgan genannt werden.

In sehr vielen Haaren muss man aber eine wahre Secretion annehmen. Es giebt Haare, deren Knötchen oder Spitzen mit ätherischen Oelen gefüllt sind, so zwar, dass diese durch die Wände hindurchschwitzen und tropfenweise oder in der Form eines daraus durch Oxydation entstandenen Harzes ankleben, z. B. bei Cuphea selenoides.

Ausser diesen einfachen findet man auch zusammengesetzte Drüsen, die einem Stiele von zwei, drei oder mehreren aus einander entwickelten und an einander gereihten Zellen aufsitzen. Sehr häufig bestehen sie aus zwei Zellen. Sie stehen der nämlichen Function vor, wie die so eben genannten einfachen.

Ungestielte Drüsen, *glandulae miliares*, nennt *Meyen* die Organe, welche man allgemein unter dem Namen *Spaltöffnungen* kennt, und die sich an der Oberfläche der Blätter finden. Nach *Meyen* sind dies kleine, ungestielte Drüsen, welche in den Oeffnungen der Oberhaut liegen und diese Oeffnungen verschliessen. Sie werden aus zwei halbmondförmigen Zellen gebildet, die einander mit der concaven Seite zugewendet sind, wodurch sie eiförmig erscheinen; auf diese Weise sind sie zwischen die Epidermiszellen gelagert. Zwischen jenen beiden Zellen bleibt eine spaltförmige rundliche Oeffnung, welche zu dem Na-

men Spaltöffnungen veranlasst hat. Diese Spalten sind bisweilen geschlossen, bisweilen geöffnet, und häufig in den nämlichen Pflanzen, so oft man sie untersucht, verschieden. Sie scheinen also nicht durch allgemeine Ursachen geöffnet oder geschlossen zu werden, sondern durch unbekannte Einflüsse.

Nach *Link* dienen diese zwei, zu beiden Seiten der Spaltöffnung liegenden, Organe hauptsächlich zur Verdunstung des Wassers. Ist dem wirklich so, so darf man sie wieder nicht Drüsen oder Absonderungsorgane nennen, sondern sie sind dann nicht wesentlich verschieden von jeder beliebigen, an der Oberfläche mit Saft gefüllter Pflanzentheile liegenden Zelle. Bisweilen aber sind diese Organe wirklich mit einer eigenthümlichen Substanz bedeckt, und dann kann man an ihrer Function der Secretion nicht zweifeln. Bei Aloearten z. B. ist die ganze Spaltöffnung bisweilen mit Harz gefüllt (*Meyen*) [1].

Diese Spaltöffnungen sind in verschiedenen Pflanzen sehr verschieden; in Zellenpflanzen sind sie höchst selten; die meisten Gefässpflanzen sind damit versehen und man findet sie in allen Monocotyledonen und Dicotyledonen, mit Ausnahme der unter Wasser lebenden. Man findet sie hauptsächlich in den Blättern, häufig im Stengel, niemals in der Wurzel. Namentlich sind die unteren Flächen der Blätter reich daran; in einigen Pflanzen findet man sie an beiden Blattflächen, sehr selten allein auf der oberen (*Rudolphi*) [2]. Durch sie communiciren die Lufthöhlen (cavitates respiratoriae) mit der Atmosphäre.

Zu den zusammengesetzten Drüsen gehören ohne Zweifel die Organe, welchen man in der Regel den Namen Secretionsorgane beilegt. Sie bestehen aus einem Agglomerat von Zellen, sind bald gestielt, bald ungestielt und zwar wechselt dies bisweilen bei den nämlichen Pflanzen; sie ragen über die Oberfläche hervor oder sie sind davon bedeckt. Von den ersteren

[1]) Ueber die Spaltöffnungen lese man die Dissertation von *Krocker* De plantarum epidermide, Vratislaviae, 1833.

[2]) Anatomie der Pflanzen, Berlin 1807, p. 73.

findet man ein Beispiel an der unteren Fläche der Blätter am Humulus lupulus, von den letzteren bei Dictamnus albus. Bisweilen sind sie innerlich hohl, und es ist dann diese Höhle mit einer eigenen Flüssigkeit gefüllt, z. B. mit einem ätherischen Oele. In derselben Pflanze sind sie in verschiedenen Theilen manchmal verschieden, z. B. bei Dictamnus albus, woraus sich dann in vielen Fällen Unterschiede in dem abgesonderten ätherischen Oele erklären lassen. Wenn man durch die Destillation einer Pflanze, wie so häufig, ein Gemenge verschiedener Oele erhält, so mag dies etwa von verschiedenen, in verschiedenen Theilen der Pflanze vorhandenen Drüsen herrühren. Die Zellenwände dieser Drüschen sind bisweilen so dick, dass das Oel nicht nach aussen verdunstet, wenn diese Wände nicht gewaltsam zerrissen werden; oder aber sie sind mit Oberhautzellen bedeckt, welche die Verdunstung erschweren.

Zu der nämlichen Art von Organen gehören die, welche, wie man weiss, scharfe, Entzündung setzende Stoffe enthalten und diese bei der Berührung jener Organe entleeren; man findet sie z. B. in den Brennnesseln (Urtica dioica und Urtica urens). Ueber die Oberfläche ragt eine Zellenmasse hervor, die in ein conisches Haar übergeht, welches wahrscheinlich allein den scharfen Stoff absondert. In Urtica nivea, einer nicht brennenden Nessel, ist nach *Meyen* das Haar auf eine ganz andere Weise mit der unten liegenden Zellenmasse verbunden, und in dieser Art vermisst man eine besondere Zellenschichte in der Haarzwiebel, welche bei den Brennnesseln nicht fehlt. In diesem Haare ist dann die brennende Substanz angehäuft, welche bei dem Reissen des Haars bei der Berührung entleert wird. Die kleineren Haare bei Urtica urens brennen viel weniger stark auf der Haut, die sie berührt, und enthalten also einen anderen scharfen Stoff oder eine verdünntere Lösung des ersteren.

Ausser den genannten Absonderungen findet man deren noch viele in den Pflanzen von verschiedener Structur. Die angeführten mögen für unsern Zweck genügen. Was oben von der Art und Weise gesagt wurde, in welcher die inneren Drüsen eigene Stoffe erzeugen, gilt auch von den äusseren.

Unter den Absonderungsorganen der Pflanzen sind namentlich die *Nectarien* merkwürdige Gebilde. Nicht überall, und das verdient berücksichtigt zu werden, findet man an den Stellen der Blumen, an welchen ein zuckerhaltiger Stoff abgesondert wird, eigenthümliche Zellenreihen für diese Absonderung, sondern diese schwitzt durch die Wände der untenliegenden Zellen hindurch, gerade so wie bei den Knospendecken, wo die harzige Substanz auch immer, ohne dass sie durch besondere Organe gebildet würde, durch die Zellenwände hindurchschwitzt. Diese Beispiele lehren auf's deutlichste, dass es der *Zelleninhalt* ist, der sich in seiner eigenen Substanz umwandelt, und diese neue Substanz einfach durchschwitzen lässt, und keineswegs die Wand der Zellen, die auf die Absonderung einigen Einfluss ausübt.

Die eigentlichen Nectarien werden nach *Meyer* bloss aus Zellenmassen gebildet, und die Spiralgefässe haben daran, wie *Mirbel* meint, keinen Antheil. Sie liegen am häufigsten an der Basis der Blüthe, bisweilen sind sie gross und sie lassen die abgesonderte Substanz durch die Wände der äussersten Zellen durchschwitzen. Die Zellenmasse hat bisweilen eine abweichende Structur; bei Fritillaria imperialis z. B. ist sie aus sehr kleinen Zellen zusammengesetzt; in der Regel unterscheidet sie sich aber nicht von den übrigen. Der Zucker ist Traubenzucker; man findet ihn bisweilen in den Nectarien rein krystallisirt; allein er ist mit anderen Substanzen (Harzen, Wachsarten, ätherischen Oelen, giftigen Stoffen) vermischt, und durch letztere kann der Honig, den Bienen von solchen Pflanzen gelesen haben, giftig werden. Die Absonderung des Nectars steht mit der Blüthezeit in Zusammenhang.

In sehr vielen Pflanzen findet man an der Oberfläche ausgeschwitzten Stoff, ohne dass man irgend ein bestimmtes Organ nachweisen könnte, das diese Stoffe erzeugt hätte; sie schwitzten nur durch die Wände der äussersten Zellen durch, und dennoch sind sie bei verschiedenen Pflanzen oder Pflanzentheilen sehr verschieden. So trifft man auf sehr vielen

Früchten einen Reif, einen wächsernen Anflug, wie auf Trauben, Pflaumen, in grosser Menge auf der Frucht von Musa paradisiaca, auf den Blättern der Mesembryanthemumarten, namentlich auf der Frucht von Myrica cerifera. Dieser Reif besteht aus Wachs.

Sehr viele Algen und Conferven schwitzen an ihrer Oberfläche eine schleimige Substanz aus, welche *Mohl* [1]) zu den Stoffen rechnet, welche man zwischen den Zellen vieler Pflanzenorgane finden sollte, und die er *Intercellularsubstanz* nennt, während *Meyen* sie für ein Secretionsprodukt hält, welches dazu bestimmt wäre, Süsswasserconferven grade so gegen die Einwirkung des Wassers zu schützen, wie die schleimige Hülle dies thut, mit der viele Fische überzogen sind.

Von allen diesen Absonderungsorganen gilt die nämliche schon oben angegebene Regel, dass sie nicht durch ihre Wände, sondern durch ihre Form, ihre Lagerung u. s. w. gewisse Theile des umringenden Zellensafts den *allgemeinen* Einflüssen des Stoffwechsels entziehen, und sie *besonderen* Einflüssen unterwerfen. Eine eigene Gruppe sehr kleiner oder sehr grosser, eine Gruppe in der Nähe der Oberfläche oder tief unter ihr liegender Zellen muss einen von dem *allgemeinen* Zelleninhalte der Pflanzen verschiedenen Inhalt bekommen.

Mehr lässt sich aber leider! für jetzt nicht darüber sagen; in den Einzelnheiten kann man noch kein einziges Absonderungsorgan von diesem Standpunkte aus beleuchten. So viel steht fest, dass die Produkte jener Absonderungsorgane Erzeugnisse der allgemeinen Pflanzensäfte sind, die, dem allgemeinen Einflusse des Stoffwechsels entzogen, sich in ihrer eigenen Substanz umsetzen und in der Regel Desoxydationsprodukte geben.

Elastische Fluida in den Pflanzen.

Es finden sich in den Pflanzen mit Gasen angefüllte Theile. Diese alle für Organe zu halten, die zur Aufnahme abgesonder-

[1]) Erläuterungen meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz, Tübingen 1836.

ter Gase dienen sollten, wäre schon deshalb unstatthaft, weil aller Raum, den die wässerigen Flüssigkeiten in den Pflanzen erübrigen, nothwendiger Weise mit atmosphärischer Luft gefüllt werden muss, weshalb man keine eigentlich leere Räume in den Pflanzen finden kann, und also der Schluss viel zu allgemein wäre, wenn wir die lufthaltigen Organe in den Pflanzen für eigentlich zur Aufnahme von Luft bestimmte Organe halten wollten.

So weiss man, dass das Mark älterer Stämme oder Aeste ursprünglich sehr saftreich und später ganz mit Luft gefüllt ist, einfach deshalb, weil die Flüssigkeit aus jenen Zellen verbraucht ist, während diese, nachdem sie entleert waren, mit atmosphärischer Luft gefüllt wurden. In demselben Falle verkehren auch die Zellen der Oberhaut der Blätter, während die von der Oberfläche entstehenden Haare gleich von Anfang saftleer und lufthaltig sind.

So schwer es ist, über die Organe ins Reine zu kommen, die zur Absonderung von Luft in den Pflanzen dienen, so schwer ist es auch zu bestimmen, welche Luftart sich in diesen Räumen findet.

Man unterscheidet in den Pflanzen zweierlei lufthaltige Organe: *Lufthöhlen* und *Luftkanäle* [1]; erstere entstehen durch die Zerstörung des Zellgewebes, letztere durch das Auseinanderweichen von Zellenreihen. Die ersteren sind sehr allgemein verbreitet und entstehen, indem die Pflanzen älter werden. Sie durchsetzen häufig ganze Pflanzentheile, stehen aber mit der äusseren Luft nicht in unmittelbarem Zusammenhang; sie sind vielmehr in der Regel davon abgeschlossen. Sie hängen also keineswegs zusammen mit der Function der Pflanzen, vermöge welcher sie Luft absondern, und man kann annehmen, dass sie sich gegen den Einfluss der atmosphärischen Luft ganz passiv verhalten. Zu diesen passiven lufthaltigen Organen gehören auch jene blasenförmigen Luftsäcke,

[1]) *Meyen*, über die Secretionsorgane der Pflanzen, Berlin 1837.

welche man bei *Sargassum Columbi*, *Ficus vesiculosus* und anderen antrifft. Diese Lufthöhlen muss man ja nicht mit den eigentlichen Luftkanälen verwechseln; die in den genannten Höhlen enthaltene Luft giebt uns keinen Begriff von der Natur der in den letzteren vorhandenen Gase.

Mit der Luft der Lufthöhlen sind die nachstehenden Versuche angestellt.

Calvert und *Ferrand* haben (Ann. de Chim. et de Phys. Aout 1844, p. 477, und Journ. de Pharm. et de Chim.; Juin 1844, p. 433) die Gase untersucht, welche in den Pflanzen gefunden werden, und dabei die verschiedenen Organe, aus welchen sie die Gase aufgefangen hatten, berücksichtigt. Mit Recht haben sie die mit von der Mutterpflanze getrennten und unter Glasglocken gebrachten Pflanzentheilen angestellten Versuche verworfen, weil man auf diese Weise der Natur der Pflanze zu viel Gewalt anthut, und aus den erhaltenen Resultaten nicht auf die Vorgänge in der lebenden Pflanze schliessen kann. Dasselbe Urtheil fällen sie mit Recht über Versuche, die mit der ganzen unter Glocken gestellten Pflanze angestellt worden, weil die Luft der Glocke alsbald mit Wasser gesättigt ist und dadurch alle Respiration der Pflanze unmöglich macht, wodurch wieder andere Functionen der Pflanzen gestört werden können; die nämliche Folge muss es haben, wenn man den unter Glocken gebrachten Pflanzen eine zu reichliche Kohlensäure- oder Sauerstoffmenge darbietet. Kurz, man muss die Functionen der Pflanzen und Thiere so viel wie möglich durch Beobachtungen studiren, und sich von dem Felde der Versuche möglichst entfernt halten.

Indem Niemand die Richtigkeit dieses Urtheils in Abrede stellen kann, fallen sehr viele Versuche über die In- und Exspiration der Pflanzen, über die Verdunstung u. s. w., auf welche man bis vor Kurzem viele Sätze in der Pflanzenphysiologie gegründet hatte, und es waren also die Versuche von *Calvert* und *Ferrand* doppelt willkommen, da sie den fraglichen Gegenstand bei der Pflanze im normalen Zustande erforscht haben.

Nach *de Saussure's* Versuchen hielten Viele es für ausgemacht, dass grüne Pflanzentheile der Luft ausgesetzt durch den Wechsel von Tag und Nacht Sauerstoff und Kohlensäure in verschiedenen Verhältnissen ein- und ausathmeten. Der eingeathmete Sauerstoff wird in Kohlensäure verwandelt, die an einem dritten Orte wieder zersetzt wird und den Sauerstoff entweichen lässt. Allein diese Zersetzung kann mehr oder weniger vollkommen statt finden, und daher athmen die Pflanzen ein Gemenge von Sauerstoff und Kohlensäure aus. In *Cactus Opuntia* beobachtete *Saussure* bei Nacht Einathmung von Sauerstoff und bei Tag Ausscheidung desselben (Récherches chimiques sur la Végétation, p. 66 u. 82).

Dagegen fand *Bérard*, dass unter Glocken gebrachte Früchte im Sonnenlichte sowohl wie im Finstern immer Kohlensäure ausschieden.

Diese Punkte wurden zunächst von *Calvert* und *Ferrand* geprüft. Sie haben zuerst die in den Hülsenfrüchten von Colutea arborescens enthaltene Luft untersucht. Nach *Bérard* ist das Pericarpium dieser Hüllen gänzlich permeabel für die Luft, und die darin enthaltenen Gase sollen ein der atmosphärischen Luft gleiches Gemenge bilden. *Calvert* und *Ferrand* fanden dahingegen, dass dies nicht so sei; dass bei Nacht in der Luft in den Früchten ein Maximum von Kohlensäure enthalten war, und dass schon von 5 Uhr Nachmittags bis um 11 Uhr Abends die Kohlensäuremenge um 1,5% gestiegen war, und darauf fortfuhr zu steigen, bis die ersten Sonnenstrahlen des Tages die Menge derselben verringern.

Die Früchte wurden erst unmittelbar vor der Untersuchung gepflückt und unter Quecksilber zerkleinert, um die in denselben enthaltene Luft aufzufangen. Sie hatten zwischen Früchten verschiedener Reife zu wählen, und sie stellten ihre Versuche an heiteren und durch Wolken trüben Tagen um 7 Uhr Morgens, um 12, um 4 und um 11 Uhr Abends vom 10. Juli bis Ende September an. Da diese Früchte einen Monat brauchen, um zu reifen, und da die Zeit der Reife in die Periode der Versuche

fiel, haben sie Früchte, die seit einer Woche angefangen hatten, sich zu entwickeln, Früchte, die 15 Tage bis 3 Wochen alt, und, wenn gleich völlig entwickelt, doch noch grün waren, und solche, die durchsichtig, fast trocken und mit gefärbten Samen versehen waren, untersucht. Die aufgefangenen Gase wurden getrocknet, gemessen, die Kohlensäure durch Kali absorbirt und durch ein Wasserstoff-Eudiometer die Menge des Sauerstoffs bestimmt. Sie erhielten folgende Zahlen:

Stunde.	Tageszeit.	Sauerstoff in 100 Maass.	Kohlensäur. in 100 Maass.	Sauerst. und Kohlensäur. zusammen.
	Hülsen eines mittleren Alters.			
11	Nacht	20,496	2,746	23,242
7	Morgen (Wolken)	20,673	2,618	23,291
12	Mittag —	20,908	2,429	23,337
4	Nachmittag —	20,901	2,432	23,333
7	Morgen (Sonnenschein) . .	21,086	1,903	22,989
12	Mittag — . .	21,293	1,419	22,712
4	Nachmittag — . .	21,173	1,438	22,611
	Junge Hülsen.			
11	Nacht	20,583	2,639	23,222
7	Morgen (Wolken)	20,626	2,605	23,231
12	Mittag —	20,766	2,446	23,212
4	Nachmittag —	20,743	2,475	23,218
7	Morgen (Sonnenschein) . .	20,844	1,934	22,778
12	Mittag — . .	21,032	1,762	22,794
4	Nachmittag — . .	21,246	2,098	23,344
	Alte Hülsen.			
11	Nacht	19,297	2,942	23,239
7	Morgen (Wolken)	20,166	2,609	22,775
12	Mittag —	20,626	2,461	23,087
4	Nachmittag —	20,595	2,475	23,070
7	Morgen (Sonnenschein) . .	21,139	2,316	23,455
12	Mittag — . .	21,246	2,106	23,242
4	Nachmittag — . .	20,676	2,107	22,783

Aus diesen Versuchen ergiebt sich: 1) dass die Luft dieser Hülsen viel reicher an Kohlensäure ist, als die atmosphärische Luft; 2) dass die Menge der Kohlensäure bei Nacht viel grösser ist als bei Tag; 3) dass die Intensität und die Dauer des Lichts beide die Menge der Kohlensäure verringern; 4) dass die durch den Einfluss des Lichts bedingte Verminderung der Kohlen-

säure in einem engen Zusammenhang steht mit der Kraft der Vegetation; 5) dass die Sauerstoffmenge zunimmt, in dem Verhältnisse, in welchem die Menge der Kohlensäure abnimmt, d. h. zersetzt wird, so dass man die Vermehrung des Sauerstoffs unmittelbar von zersetzter Kohlensäure ableiten kann; 6) dass die vorhandene Kohlensäure fast immer Stickstoff verdrängt.

Aus diesen Versuchen hat sich also ergeben, dass die Pflanzen auch ohne den *directen* Finfluss der Sonnenstrahlen Kohlensäure zersetzen, und dass diese Zersetzung bei der Dämmerung beginnt, und den ganzen Tag über fortdauert.

Eine andere Versuchsreihe haben sie ganz auf dieselbe Weise mit Pflanzentheilen angestellt, welche Luft in Höhlen eingeschlossen enthalten. Sie haben auch diese Pflanzen untersucht, unmittelbar nachdem sie von der frisch in der Erde wachsenden Mutterpflanze genommen waren.

Heracleum Sphondylium No. 1.
Angelica Archangelica „ 2.
Ricinus communis . . „ 3.
Dahlia variabilis . . . „ 4.
Arundo Donax . . . „ 5.
Leicesteria formosa . „ 6.
Sonchus vulgaris . . „ 7.

	Kohlensäure im Volumen.			*Sauerstoff im Volumen.*		
	Bei Nacht.	Bei Tag.	Vermehrungb. Nacht.	Bei Nacht.	Bei Tag.	Vermehrungb. Nacht.
1		1,408			19,653	
2	2,581	1,766	0,815	20,364	19,784	0,580
3	3,078	2,721	0,357	18,656	16,876	1,780
4	3,133	2,881	0,252	18,823	18,119	0,704
5	4,619	4,407	0,212	18,691	18,193	0,498
6	2,879	2,267	0,612	19,137	18,703	0,434
7		2,326		19,774	17,971	1,803

Die in den Stengeln der Pflanzen enthaltene Luft ist nach diesen Versuchen ganz eigenthümlich: sehr reich an Kohlensäure und verhältnissmässig arm an Sauerstoff. Die Menge der

Kohlensäure ist bei Nacht grösser als bei Tag, allein der Unterschied ist nicht so gross wie bei den Hülsen. Die Menge des Sauerstoffs vermehrt sich auch in der Nacht; dies war bei den Hülsen umgekehrt.

Calvert und *Ferrand* haben weiter die in den Pflanzen enthaltene Luft auf freies Ammoniak geprüft und dies wirklich in denselben gefunden. Sie haben es quantitativ durch Platinchlorid bestimmt als Platinsalmiak. Leicesteria formosa, Arundo Donax, Ricinus communis, Phytolacca decandra und Hülsen von Colutea arborescens gaben alle Ammoniak, und zwar bei Tag mehr als bei Nacht. Luftmengen von 1170 CC gaben z. B. 10 Milligramme Platinsalmiak. Ich gebe die gefundenen Quantitäten nicht näher an, weil solche Versuche unmöglich ein richtiges Resultat geben können.

Die genannten Luftarten sind also von der atmosphärischen Luft verschieden. Wenn man nach der Entstehung dieses Gasgemenges fragt, so lehren die Versuche von *Calvert* und *Ferrand* auf's Deutlichste, dass es einfach von atmosphärischer Luft herrührt, die mit dem Wasser aus dem Boden in die Pflanze eingedrungen ist, oder von atmosphärischer Luft, die durch frische, früher safthaltige, aber durch Verdunstung ihres Safts beraubte Pflanzen geführt wurde, und den leeren Raum einnahm, so wie die leeren Markzellen oder Markhöhlen immer mit einer Art von atmosphärischer Luft gefüllt sein werden. Die kleine Kohlensäuremenge, welche in ihnen enthalten, die aber immerhin grösser ist, als die in der atmosphärischen Luft vorhandene Kohlensäuremenge, muss von der Kohlensäure, welche sich überall in Pflanzenhöhlen findet, abgeleitet werden.

Dass diese in Höhlen eingeschlossene Luft mit der Ausscheidung von Sauerstoff oder Stickstoff oder mit der Aufnahme von Kohlensäure durch die Pflanzen nichts gemein hat, bedarf nicht der Erwähnung.

Ganz anderer Art sind die mit einer regelmässigen Gestalt versehenen Luftkanäle oder Luftgänge, die zu den activen Luftbehältern zu gehören scheinen. Früher betrachtete man

die Spiralgefässe als die eigentlichen Luftkanäle in den Pflanzen, und man glaubte selbst eine unmittelbare Gemeinschaft zwischen ihnen und den Spaltöffnungen gefunden zu haben. Es hat sich aber ergeben, dass die Spiralgefässe, wenn sie gleich lufthaltig sind, nachdem sie eine Zeitlang bestanden haben, doch keine unmittelbare Communication zwischen der atmosphärischen Luft und den inneren Theilen der Pflanzen herstellen. Die activen Luftkanäle sind säulenförmig, häufig scharfkantig, in grossen Entfernungen mit Querwänden versehen, die grade so wie die Seitenwände aus Zellen bestehen. Bisweilen sind diese Kanäle sehr lang und ohne Querwände, bald durch bloss *eine* Reihe von Zellen, bald durch mehre von einander getrennt.

Die erwähnten Luftkanäle communiciren durch die Spaltöffnungen mit der atmosphärischen Luft. Die Epidermiszellen, zumal die Cuticula, hindern die Gemeinschaft der Pflanzensäfte mit der Atmosphäre; die Diffusion findet durch trockne oder feuchte poröse Körper, aber jedenfalls durch poröse Körper statt; eine Gypslage oder eine thierische Membran zeigen dieselbe vorzugsweise stark. Die mit Wachs versehene Cuticula beschränkt sie.

Die atmosphärische Luft aber, welche durch die Spaltöffnungen eindringt, und sich in den Luftkanälen vertheilt, ist von dem Zelleninhalte der an die Kanäle grenzenden Zellen nur durch dünne aus Cellulose bestehende Membranen getrennt, und es giebt also eine reichliche Gelegenheit für die Erscheinung der Diffusion. Die Ausscheidung des Sauerstoffs und des Stickstoffs ist ein Resultat des Stoffwechsels des Zelleninhalts, keineswegs von Organen oder Zellenwänden; dieser Stoffwechsel geht an vielen Stellen der Pflanze vor sich, und sowohl diese ausgeschiedenen Gase, wie die absorbirte Kohlensäure, welche ebenfalls an vielen Stellen der Pflanze zersetzt wird, haben also häufig, entweder als Gase, oder in dem wässrigen Pflanzensaft einen weiten Weg zurückzulegen, bevor sie die Stelle erreichen, an welcher die letztere zersetzt und die er-

steren in die Atmosphäre ausgeschieden werden können. In den genannten Luftkanälen wechseln nun die Gase nach den Diffusionsregeln; hier wird freier Stickstoff, dort freier Sauerstoff gegen Kohlensäure ausgetauscht, und während also Kohlensäure eintritt, wird in letzter Instanz Sauerstoff und Stickstoff aus den Pflanzen ausgeschieden.

Aufnahme von Kohlensäure und Gasausscheidung durch die Pflanzen.

Das Verhältniss der Pflanzen zur Atmosphäre ist eben so wichtig wie ihr Verhältniss zum Boden. Aus der Atmosphäre scheinen sie ja ihre grösste Menge von Baustoffen, aus dem Boden ihre wichtigsten Bestandtheile zu entnehmen.

Man hat den Pflanzen, grade so wie den Thieren, eine Respiration zugeschrieben. Allein wo keine *Lungen* sind, da kann auch nicht *geathmet* werden.

So viel steht aber fest, dass die Pflanzen viel aus der Luft aufnehmen, und viel in die Luft austreten lassen. Sie scheiden namentlich Sauerstoff aus, und nehmen vorzüglich Kohlensäure auf. Diese von so vielen Naturforschern studirten Erscheinungen verdienen unsere specielle Erwägung; es sind zwei Erscheinungen, die in keinem directen Verhältnisse zu einander stehen; die Absorption der Kohlensäure geschieht nach den Regeln für die Diffusion der Gase, die Ausscheidung des Sauerstoffs ist die Folge einer chemischen Umsetzung der Bestandtheile, bei welcher sauerstoffarme, feste oder tropfbar flüssige Körper gebildet werden, wie wir schon oben bemerkt haben.

Was die Absonderung des Sauerstoffs betrifft, so ist darüber bei der Umsetzung der Pflanzenstoffe gehandelt. Hier nur einige Worte über seine Ausscheidung. Er tritt durch die Spaltöffnungen aus, und stammt also aus dem Zelleninhalte unter der Oberfläche liegender Stoffe. Die Oberhaut trägt nichts zu seiner Absonderung bei, denn *Sennebier* sah, dass der Oberhaut beraubte Blätter gleich viel Sauerstoff geben. Die Spaltöffnungen sind

also nur die Ausführungsstellen des frei gewordenen Sauerstoffs. Wenn diese fehlen, so kann das Gas von der ganzen Oberfläche des Pflanzentheils entweichen. Aber eine dicke, wachshaltige Cuticula beschränkt seine Ausscheidung.

Die Ansicht, dass die Sauerstoffausscheidung von der Oberfläche und nicht von der Masse der Blätter abhängt (*de Saussure*, p. 57), hat die Vorstellung über ihre eigentliche Natur sehr beeinträchtigt. Die Oberfläche steht in keinem Zusammenhang mit dem Freiwerden des Sauerstoffs, dies wird bedingt durch die Anzahl der Molecüle, welche im Zustande der Desoxydation begriffen sind, und steht also in einem unmittelbaren Verhältnisse zu der Masse des Blattes. Allein das Licht, welches die Oberfläche bescheint, dringt nicht tief unter die Oberfläche fleischichter Blätter, und insofern als dieses Licht eine erste Bedingung zu Erzeugung sauerstoffarmer Stoffe in den Pflanzen ist, hängt also auch die Ausscheidung des Sauerstoffs von dem Einflusse des Lichts ab.

Darin ist es begründet, dass sich die Ausscheidung des Sauerstoffs mehr nach der Oberfläche, als nach der Masse der Blätter richtet — nicht etwa darin, dass es an jener Oberfläche thätige, absondernde, auf geheimnissvolle Weise functionirende Organe gäbe – sondern darin, dass sich der Einfluss des Lichts auf die Umsetzung der Molecüle nach jener Oberfläche richtet. Wenn man z. B. die Zellenreihen eines Blatts, welches funfzig über einander liegende Schichten besitzt, alle neben einander stellen und so die Oberfläche des Blatts funfzigmal vergrössern könnte, so würden die in jenen häutigen Säckchen eingeschlossenen Stoffe vielleicht in einer funfzigmal kürzeren Zeit so sauerstoffarm werden, wie sie werden können, und so viel Sauerstoff als Gas ausgestossen haben, als ihnen möglich ist.

Neben dieser Neigung mancher in den Pflanzen vorhandener Stoffe zur Ausscheidung von Sauerstoff haben sie auch die Fähigkeit, diese Neigung auf andere Stoffe zu übertragen, und selbst auf die Kohlensäure, welche durch die Spaltöffnungen in die Luftkanäle eingeführt wird. Diese aus innig verbundenen

Bestandtheilen bestehende Kohlensäure wird unter jenen Einflüssen zerlegt, entweder an und für sich, oder so, dass die Bestandtheile sich zugleich mit in den Pflanzen vorhandenen Stoffen verbinden. Auch darüber haben wir anderen Orts gehandelt. Hier möge es hinreichen, wenn wir hervorheben, dass gar kein Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Kohlensäure und Ausscheidung von Sauerstoff statt findet, ausser dem, dass die Zersetzung der aufgenommenen Kohlensäure und die Ausscheidung des Sauerstoffs eine neue Gelegenheit zur Aufnahme von Kohlensäure geben.

Den Versuchen, welche man angestellt hat, um die Absorption der Kohlensäure und ihre Zersetzung in den Pflanzen zu erweisen, stehen immer folgende Schwierigkeiten entgegen.

Bei jeder Verwandlung sauerstoffreicher in sauerstoffarme Stoffe, welche regelmässig bei gesunden Pflanzen fortschreitet, z. B. bei der Verwandlung von Stärkemehl in B Chlorophyll (S. 290) wird Sauerstoff entwickelt.

Durch diese Entwicklung, welche in gewissem Sinne unabhängig ist von den Gasen, welche die Pflanze umgeben, muss die Sauerstoffmenge in der Atmosphäre, in welcher man den Versuch anstellt, zunehmen, und darunter leidet die Reinheit der Beobachtung bedeutend.

Eine in der künstlichen Atmosphäre vorhandene reichliche Kohlensäuremenge sättigt bald alle Pflanzensäfte und die feuchten Pflanzentheile, ohne dass die Pflanze hierauf noch einen thätigen Einfluss ausübt. Jeder Kubikcentimeter Pflanzensaft absorbirt ungefähr einen K. C. Kohlensäure einfach aus dem Grunde, weil der Pflanzensaft eine wässrige Flüssigkeit ist. Die Kohlensäuremenge muss also noch durch andere Ursachen abnehmen, als dadurch, dass die Pflanze sie zersetzt.

Wenn endlich oxydirbare Stoffe in der Pflanze zugegen sind, wenn sie z. B. ätherische Oele enthält, die man in Harze verwandeln kann, so ist dies eine Quelle der Verminderung der Quantität des umgebenden oder entwickelten Sauerstoffs, wodurch eine neue Fehlerquelle in der Bestimmung der aufge-

nommenen Kohlensäure und des frei gewordenen Sauerstoffs entsteht.

Ich hebe diese Hindernisse, auf welche man bei jenen Versuchen stösst, ausdrücklich deshalb hervor, damit man sich Rechenschaft geben könne, sowohl über die schwankenden Aussprüche, in Betreff dieser jetzt wohl erwiesenen Erscheinung, wie über die Abweichungen, welche diese Versuche bei verschiedenen Pflanzen und unter verschiedenen Umständen stets ergeben müssen.

Es kann nicht in meiner Absicht liegen, die vielen Versuche, welche zum Nachweise der Kohlensäure - Absorption durch die Blätter angestellt sind, hier aufzuzählen. (Sie sind erwähnt bei *van Rees* Comm. de decompositione acidi carbonici in Vegetatione. Traj. ad Rhenum, 1818; bei *Meyen*, Phys. II, p. 144 und anderen Schriftstellern.) *De Saussure*, *Grischow* und Andere haben diese Function auch über allen Zweifel erhoben; allein nichts destoweniger sind sowohl von diesen Beobachtern selbst, wie von Anderen, bis in die letzte Zeit herab, so viele sonderbare Sachen mitgetheilt worden, und die möglichen Fehler sind so vielfach übersehen, dass von dem reichen Material über diesen Gegenstand nur noch wenig brauchbar ist. Ich will davon ein paar Beispiele anführen.

Die von *Schultz* in einem Brief an *Flourens* erwähnten Versuche (Journ. de Pharm. et de Chimie, Oct. 1844, p. 299), nach welchen kein Sauerstoff von zersetzter Kohlensäure, sondern von zersetzter Pflanzensäure, als Gallussäure, Aepfelsäure, Milchsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, ausgestossen werden sollte, scheinen zu viel zu beweisen. Wenn wirklich in Auflösungen dieser Säuren gestellte Pflanzen in demselben Verhältnisse Sauerstoff abgeben, in welchem diese Säuren aus den Auflösungen verschwinden, so ist damit keineswegs erklärt, was in dem natürlichen Zustande der Pflanzen vor sich geht. Gesetzt, dass eine Pflanzensäure wirklich in der Pflanze zersetzt wird, Sauerstoff abgiebt, und andere Stoffe bildet, welche in der Pflanze zurückbleiben, so bleibt es die Frage,

aus welchen Stoffen denn Aepfelsäure, Weinsteinsäure u. s. w. ursprünglich in den Pflanzen gebildet worden sind.

Diese Versuche von *Schultz* beweisen also nichts gegen die Aufnahme der Kohlensäure, nichts gegen die Kohlensäure als eine Quelle neuer Stoffe in den Pflanzen die ihrerseits wieder zersetzt werden, und endlich die Ausscheidung des Sauerstoffs veranlassen. Sie lehren aber, was man schon aus der Geschichte des Humusextracts wusste, und was durch keinen einzigen Versuch widerlegt ist, dass die Pflanzen sowohl Auflösungen organischer, wie anorganischer Körper aufnehmen können, und dass die in die Pflanzen eingetretenen organischen Stoffe, indem sie den Ursachen des Stoffwechsels in den Pflanzen ausgesetzt werden, chemisch in der Weise verwandelt werden, dass sie Nahrungsstoffe der Pflanzen heissen dürfen [1]).

Hoffmann hat (Ann. der Chemie und Pharmacie, Februar 1845. S. 242) einige Versuche veröffentlicht über die Kohlensäure-Entwicklung verschiedener Pflanzen. Er stellte sie, nachdem sie frisch abgeschnitten waren, in einen Strom *trockner* und kohlensäure-freier Luft, er trocknete die sich von der Pflanze entfernende Luft und führte sie sodann über Kali. Von allen folgenden Pflanzen erhielt er freie Kohlensäure, und zwar aus 100 Gramm der feuchten Pflanzen in 100 Minuten die folgenden Mengen. Die Versuche wurden im Herbste im Tageslichte angestellt.

Agaricus detonsus . .	0,272	
Hydnum repandum . .	0,032	
Agaricus puniceus . .	0,015	
Russula emetica . . .	0,032	
Hypnum triquetrum .	0,210	(Grüne Pflanze. Moos)
Hypnum tamariscinum .	0,087	(id.)
Euphorbia Peplus . .	0,059	(Gefässpflanze)
Urtica urens	0,048	(id.)
Cichorium Endivia . .	0,023	(id.)

[1]) Viele Forscher haben ihre Stimme gegen die Versuche von *Schultz* erhoben, und ihnen andere Versuche gegenübergestellt.

Die Kohlensäure-Entwicklung, von welcher hier die Rede ist, beweist nichts für die natürliche Verrichtung der Pflanze. In dem trocknen Luftstrom muss nothwendiger Weise kohlensäure-haltiges Wasser verdunsten, dessen Kohlensäure von dem Kali aufgenommen werden muss, und andererseits haben *Calvert* und *Ferrand*, so wie auch *Draper*, erwiesen, dass sich Kohlensäure als Gas in den Pflanzen findet.

Auf diese Weise ist also ein Heer von Versuchen über die Sauerstoff-Entwicklung in den Pflanzen angestellt, welche für die Wissenschaft leider! keinen Werth haben.

Zu denjenigen, welche tauglich zu sein scheinen, gehören die folgenden.

Draper hat nämlich wichtige Versuche über den Einfluss des Lichts auf die Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzen angestellt (Annales de chimie et de phys., Juin 1844, p. 216). Zunächst hat er untersucht, in wie fern die Versuche von *de Saussure* und *Daubeny* richtig waren, nach welchen auch Stickstoff mit dem von den Pflanzen entwickelten Sauerstoff vermischt war; sodann ob diese Entwicklung wirklich vom Sonnenlichte abhängt.

Abgesehen von den Resultaten *Draper's*, nach welchen der Einfluss der verschieden gefärbten Lichtstrahlen auf die vorliegende Erscheinung geprüft werden kann, — und welche für die Kenntniss des Lichts von grosser Wichtigkeit sind, weil sie lehren, dass unter dem Einflusse der gelben und grünen, und zwar der leuchtenden, nicht der tithonischen oder Wärmestrahlen, die grösste Gasmenge aus den Blättern entwickelt wird — ist es für unseren Zweck wichtig zu erforschen, was er selbst von dieser Entwicklung mitgetheilt hat.

Ausser einer grösseren oder kleineren Kohlensäuremenge, die er mit dem entwickelten Gase vermischt fand, sammelte er die folgenden Gasmengen, nachdem er die Pflanzen in Wasser, in welchem ausser Kohlensäure keine Gase aufgelöst waren, dem Sonnenlichte ausgesetzt, und die Pflanzen selbst vorher eine Zeit lang in anderem kohlensäure-haltigem Wasser aufbe-

wahrt hatte, damit alle in ihnen enthaltene Luft erst vom Wasser aufgenommen werden sollte.

		Sauerstoff	Stickstoff
Pinus Taeda		16,16	8,34
„	„	27,16	13,84
„	„	22,23	21,67
Poa annua		90,00	10,00
„	„	77,90	22,10

Es entwickelte sich also überall Stickstoff mit dem Sauerstoff, und es scheint ein gewisses Verhältniss zwischen beiden statt zu finden. Die Substanz, welche er dazu benutzte, um gefärbtes Licht zu erzeugen, z. B. doppelt chromsaures Kali, hatte weder auf die Quantitäten noch auf das Verhältniss der beiden Gasarten zu einander einigen Einfluss.

Durch diese Versuche ist also die Schlussfolgerung, welche durch viele ältere Versuche schon längst in die Wissenschaft übergegangen war, bestätigt worden, dass die Blätter Kohlensäure zersetzen und Sauerstoff ausscheiden; die grosse Stickstoffmenge, welche dem Sauerstoff beigemengt ist, verdient eine nähere Berücksichtigung. Wenn sie immer so gross ist, so würde der Satz, dass die Pflanzen *nur die Kohlensäure* zersetzen, umgestossen sein. Woher anders soll jene grosse Stickstoffmenge herrühren, als von zugleich zersetzten stickstoffhaltigen Stoffen. Wenn es ja Stickstoff der atmosphärischen Luft wäre und *Draper* also das von ihm angewendete Wasser nicht davon befreit hätte, so würde das Resultat sehr auffallend sein: denn in dem Falle hätten auf 79 Stickstoff 21 Th. Sauerstoff entwickelt werden müssen, abgesehen von dem Sauerstoff, welcher von der zersetzten Kohlensäure herzuleiten ist.

Dieses Resultat, dass bei der Zersetzung der Kohlensäure wirklich stickstoffhaltige Körper zersetzt werden, hat sich auf's Deutlichste aus anderen Versuchen ergeben, welche *Draper* über die Zersetzung der kohlensauren Salze angestellt hat.

Indem er nämlich kohlensaure Alkalien, neutrales oder dop-

pelt kohlensaures Kali oder Natron in luftfreiem Wasser auflöste, und darein Blätter brachte, sah er ebenfalls Sauerstoff und Stickstoff entweichen, und es zersetzten sich also auch die kohlensauren Salze. In reinem Wasser wurde nichts entwickelt.

Im Finsteren fand bei den kohlensauren Salzlösungen ebensowenig eine Gasentwicklung statt, wie bei dem kohlensäurehaltigen Wasser; kaum waren aber die Blätter in der Salzlösung dem Lichte ausgesetzt, als die Gasentwicklung begann, und es fand sich eine reichliche Menge Sauerstoff vor. Beim einfach und beim gekochten — also in anderthalb kohlensaures Salz verwandelten — doppelt kohlensauren Salze konnte er in den entwickelten Gasmengen keinen Unterschied bemerken. Man muss also annehmen, dass die in den Pflanzen vorkommenden kohlensauren Salze, wenn sie in die Blätter eintreten, ebenso zersetzt werden, wie die Kohlensäure, die in dem Pflanzensafte aufgelöst ist und durch die Wurzel mit dem Regenwasser in die Pflanze eingedrungen ist. Wenn aber die Kohlensäure eines kohlensauren Salzes zersetzt wird, müssen Basen frei werden, die sich dann mit andern Körpern, mit neugebildeten Säuren oder den sogenannten indifferenten Stoffen, Dextrin, Cellulose u. s. w. verbinden können.

Anderthalb kohlensaures Ammoniak gab die nämlichen Resultate. Das Ammoniak wird also dabei nicht zersetzt, sondern fixirt oder zu andern Zwecken verwendet.

Zersetzung eines stickstoffhaltigen Körpers und Zersetzung von freier oder an Basen gebundener Kohlensäure ist also nach *Draper's* Versuchen dem Einflusse des directen wie des indirecten Sonnenlichtes auf die Pflanzentheile zuzuschreiben. Es wird also eine reichliche Menge eines stickstoffhaltigen Körpers in den Pflanzen zu dem Ende verwendet, und *Draper* hat dadurch einen neuen Gesichtskreis eröffnet für den Nutzen der stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe, die man in unserer Zeit gar zu ausschliesslich als hauptsächlich zur Ernährung der Thiere bestimmt betrachtet hat. Es müssen also hinsichtlich dieses stickstoffhaltigen Körpers in den Pflanzen zwei Thätigkeiten unterschieden

werden: Bildung und Zersetzung desselben. Letztere geschieht durch das Licht, erstere im Finstern in den Pflanzentheilen, welche dem Lichte entzogen sind. Wir haben oben gesehen, dass es Gründe giebt, anzunehmen, dass er in den Wurzelfasern gebildet werde.

Andererseits darf man aus der zersetzenden Wirkung, welche das Licht auf die Kohlensäure in den Blättern ausübt, während sie im Finsteren nicht zersetzt wird, ableiten, dass in der Wurzel und in dem Stamme, kurz überall da, wo das Licht nicht hinreicht, keine Kohlensäure zersetzt wird, oder doch nicht unter Ausscheidung von Sauerstoff. Daher erhalten denn auch die Blätter und andere grüne Pflanzentheile in dem B Chlorophyll Wachs in reichlicher Menge, in den Samen werden Fette entwickelt u. s. w., während im Stamme, in der Wurzel und anderen für das Licht unerreichbaren Theilen diese Stoffe sich nicht oder nur sparsam, und dann in Folge der Saftvertheilung finden, weil sie dort nicht entwickelt werden.

Es wird jetzt aus einem physiologisch-chemischen Gesichtspunkte noch wichtiger zu erforschen, welche Produkte bei Pflanzen gebildet werden, die im Finstern wachsen; welche Bestandtheile fehlen, und welche die Stelle derjenigen vertreten, die unter dem Einflusse des Lichts gebildet werden. *Draper* führt weiter an, dass in den Pflanzen, und zwar in den Spiralgefässen Luft vorhanden ist, und dass diese von 88—94 % Stickstoff enthält. Der Stickstoff, welcher in den oben erwähnten Versuchen über die Entwicklung der Gase gefunden wurde, muss aber nicht aus dieser Quelle abgeleitet werden; denn nachdem im luftleeren Raum aus in kohlensaures Alkali gebrachten Blättern alles Gas, und folglich auch der Stickstoff, vertrieben war, gaben sie, der Luft ausgesetzt, wieder ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff, in welchem wohl die Quantität des Stickstoffs — wie natürlich — etwas kleiner war, jedoch nicht in dem Verhältnisse, dass der Schluss nicht richtig wäre, dass eine stickstoffhaltige Substanz in den Blättern zersetzt wird.

Der in den Spiralgefässen vorhandene Stickstoff hat wahrscheinlich keine andere Quelle als die atmosphärische Luft, welche in den Säften aufgelöst und von den Wurzeln aufgesogen wird. Der Sauerstoff jener atmosphärischen Luft muss zur Oxydation vieler Körper verbraucht werden, und der Stickstoff, welcher ungebunden übrig bleibt, bewegt sich durch die vorhandenen Räume — Spiralgefässe, Intercellulargänge — und wird endlich an der Oberfläche der Blätter ausgeschieden.

Hinsichtlich der durch das Licht entwickelten Gasmengen und der absorbirten Kohlensäure fand *Draper*, dass sie stets vollkommen gleich seien. In einem Versuche, in welchem er 20 Maass Kohlensäure angewendet hatte, erhielt er 20 Maass des Gemenges von Sauerstoff und Stickstoff. Damit stimmt ein Versuch von *de Saussure* überein (Réch. chim.). *De Saussure* brachte z. B. sieben Knospen von Vinca pervinca in eine mit Quecksilber abgesperrte und etwas Wasser über dem Quecksilber enthaltende Glocke, wodurch die Verdunstung verhindert werden sollte. In der Glocke waren:

	vor dem Versuch:	nach sieben Tagen:
Stickstoff . . .	4199 K. C.	4338 K. C.
Sauerstoff . . .	1116 „	1408 „
Kohlensäure . .	431 „	0 „
	5746 K. C.	5746 K. C.

Dieser Versuch würde lehren, dass nicht nur alle Kohlensäure absorbirt, sondern auch Sauerstoff und Stickstoff an ihre Stelle getreten waren und zwar 292 Sauerstoff und 139 Stickstoff, zusammen 431 K. C., oder grade so viel wie die Menge der Kohlensäure vor dem Versuche betrug.

Allein dieses einfache Verhältniss scheint nur zufällig. Die Kohlensäure wird zu organischen Körpern zersetzt, die unmöglich in *allen* Pflanzen die nämlichen sein können. Die Menge des ausgeschiedenen Sauerstoffs kann also unmöglich constant sein. Bei jener Verschiedenheit der Produkte kann auch unmöglich eine constante Menge eines stickstoffhaltigen Körpers zur Zersetzung der Kohlensäure erfordert werden. *Draper*

selbst fand, dass am Ende des Versuchs mehr Stickstoff entwickelt wird, als im Anfang, was sich nicht wohl anders erklären lässt, als dadurch, dass der stickstoffhaltige Körper, welcher den Stickstoff liefert, in Zwischenverbindungen zersetzt wird, unterdessen schon die Zersetzung der Kohlensäure fördert oder bewirkt, und erst im weiteren Verlauf der Thätigkeit in Stickstoff zersetzt wird. Auf jeden Fall ist damit das Zufällige in dem Verhältnisse des Stickstoffs zum Sauerstoff aufgezeigt.

Es ist nothwendig, dass wir uns nähere Rechenschaft zu geben suchen über die wichtige Erscheinung, welche wir hier betrachten. Dass die grünen Pflanzentheile Kohlensäure aufnehmen und Stickstoff und Sauerstoff ausscheiden, steht fest. Allein dadurch verstehen wir die Erscheinung noch nicht. Aus *Draper's* Versuchen folgt, dass in den Pflanzen stickstoffhaltige Körper in ihre Elemente zersetzt werden. Woher sonst der Stickstoff, der aus den Pflanzen ausgeschieden wird? Wenn es das Pflanzeneiweiss ist, welches diesen Stickstoff liefert, so hört es auf Eiweiss zu sein, und es kann, indem es diese Veränderung erleidet, die Entstehung von C Chlorophyll (S. 300), von Pflanzenalkaloiden und andern stickstoffhaltigen Stoffen, die weniger Stickstoff enthalten, als das Eiweiss, veranlassen. Die in der Umsetzung begriffenen Eiweisstheile liefern also jenen Stickstoff, indem sie neue Körper bilden. Jene Veränderung geschieht an der Stelle, wo jene neuen Körper entstehen, d. h. in dem Zelleninhalt. Dort wird also auch der Stickstoff frei. Er ist in dem Zelleninhalte eingeschlossen, bis er durch Diffusion ausgetauscht werden kann, er ist in dem Zellensafte aufgelöst. Wasser kann eine messbare Quantität Stickstoff aufnehmen, sowohl wie es Sauerstoff aufnimmt (S. 144). Der Saftwechsel der Zellen führt diesen Stickstoff weiter und unter anderem auch in die Luftkanäle, in welchen er durch Diffusion gegen Kohlensäure ausgetauscht wird, so dass er durch die Spaltöffnungen in die Atmosphäre entweichen kann.

Dieser Stickstoff ist also ein Endprodukt des Stoffwechsels in den Pflanzen, so wie die Kohlensäure ein Endprodukt des

Stoffwechsels bei den Thieren ist, oder wenn man einen noch deutlicheren Vergleich will: der Stickstoff ist in der nämlichen Weise ein Endprodukt der Proteinzersetzung in den Pflanzen, wie Harnstoff (abnormes cyansaures Ammoniak) ein letztes Produkt des Stoffwechsels des Proteins bei den Thieren ist.

Eine ganz andere Art von Körpern muss den von den Pflanzen ausgeschiedenen Sauerstoff liefern. Welche Körper dies eigentlich sind, mit Ausnahme der Kohlensäure, ist nicht bekannt. Allein es steht fest, dass der Sauerstoff ein Produkt des Stoffwechsels ist von in den Pflanzen vorhandenen Stoffen. Einige derselben kennen wir, nämlich das Stärkmehl, von welchem man es für bewiesen halten darf, dass es unter Sauerstoffausscheidung hier und da in Fett übergeht (S. 270). Das Stärkmehl entsteht aus Dextrin, das Dextrin aus Stoffen, welche uns nicht bekannt sind. Begnügen wir uns aber damit, dass bei der Bildung aller sauerstofffreier oder sauerstoffarmer Körper, z. B. der ätherischen Oele und Fette, aus sauerstoffreicheren, z. B. Stärkmehl, Sauerstoff frei werden muss.

Auf die nämliche Weise, wie der Stickstoff, wird auch dieser Sauerstoff in dem Pflanzensafte aufgelöst, und er bleibt darin, bis er nach den Regeln der Diffusion gegen ein anderes Gas durch eine Zellenmembran hindurch ausgetauscht werden kann. Er kann also in den Lufthöhlen angehäuft, darauf durch die Spaltöffnungen ausgeschieden und in die Atmosphäre entleert werden.

Mit Unrecht hat man sich die Sache so gedacht, als wenn die in die grünen Pflanzentheile eindringende Kohlensäure ihren Kohlenstoff hinterliess und ihren Sauerstoff frei machte. Es lässt sich jetzt kein einziger Beweis beibringen, dass die Sache sich so verhält. Man hat im Gegentheil allen Grund, jetzt diese Vorstellung als unchemisch zu verwerfen. Die Kohlensäure wird die Elemente des Wassers aufnehmen und eine oder mehre noch zu erforschende Substanzen der Pflanzen bilden, oder sie wird sich mit schon vorhandenen Körpern zu neuen verbinden, kurz die Kohlensäure der Atmosphäre, welche durch

die Spaltöffnungen in die Luftkanäle geführt und so in der Pflanze den Pflanzensaft führenden Zellen genähert wird, die Kohlensäure, welche gegen ausgetauschten Sauerstoff und Stickstoff in den Pflanzensaft eintritt, wird dort nicht plötzlich zerlegt in Sauerstoff, der wieder zurückkehrt, und in Kohlenstoff, welcher unmittelbar verbunden wird. Ich muss es wiederholen, dass solche Vorstellungen durch nichts bestätigt werden.

Desoxydation der Nahrungstoffe und vielfache Verbindung der Elemente mit einander, hier und dort Oxydationen, kurz, Wechsel der Bestandtheile sind die Erscheinungen, welche uns das Pflanzenreich mit seinen tausendfachen Erscheinungen vor die Augen führt. Die Haupttendenz ist zu desoxydiren, allein deshalb zerfällt die Kohlensäure nicht unmittelbar in Kohlenstoff und Sauerstoff.

Die Art und Weise, auf welche die Kohlensäure von den Pflanzen aufgenommen und der Sauerstoff und Stickstoff ausgeschieden werden, entspricht einfach der Diffusion. Es findet keine Athmung, keine *Einsaugung* von Kohlensäure, keine *Ausathmung* der beiden andern Gase statt. Mit der athmosphärischen Luft dringen die in ihr vorhandenen $\frac{5}{10000}$ Kohlensäure durch die Spaltöffnungen in Luftkanäle, und dort ist diese durch eine dünne feuchte Zellwand von einem Safte getrennt, der Sauerstoff und Stickstoff enthält. Nachdem sie sich gegenseitig ausgetauscht haben, diffundirt der Sauerstoff und Stickstoff der Pflanzen mit der atmosphärischen Luft, die in dem Luftkanale eingeschlossen ist, und ebenso diffundirt fortwährend die Kohlensäure der äusseren Luft, sie tritt in die Spaltöffnungen ein und tiefer. Es verhält sich gerade so, als hätte man in einer engen Röhre am oberen Ende Kohlensäure, am unteren Ende Sauerstoff und Stickstoff, und in der Mitte ein Gemenge von 79 Stickstoff und 21 Sauerstoff.

Vielleicht wendet man hiergegen ein, dass in der That eine mehr active, von der Pflanze ausgehende Wirkung in dem Austreiben von Sauerstoff sichtbar ist, wenn man grüne Pflanzentheile in kohlensaurem Wasser oder in einer verdünnten Lö-

sung von kohlensauren Salzen dem Sonnenlichte aussetzt. Jenes Austreiben ist aber nicht activer, als es nach der nämlichen Lehre der Diffusion sein muss. Der Austausch zweier Gase, Kohlensäure und Sauerstoff, geschieht in einer dünnen feuchten Membran. Die Kohlensäure tritt in den Pflanzensaft, der Sauerstoff tritt heraus. Letzterer ist im Wasser viel weniger löslich, und er muss sich also hauptsächlich als freies Gas in dem Wasser über der Pflanze zeigen. Alle austreibende Ursachen im gewöhnlichen mechanischen Sinne sind hier für durchaus überflüssig zu halten; der Austausch von Kohlensäure und Sauerstoff, die grosse Löslichkeit der ersteren und die Schwerlöslichkeit des letzteren reichen dazu hin, die Erscheinung zu erklären. Der Wasserstoff diffundirt so stark durch eine Gypslage — im Austausche mit der atmosphärischen Luft — dass wenn man den Versuch auf der Wanne nimmt, eine bedeutende Wassersäule über den Wasserspiegel erhoben wird. Nach *Graham* brauchen CO^2, N und O gleichviel Zeit, um durch eine Gypsschichte hindurchzudringen.

Es verdient noch einer besondern Erwähnung, dass die Luftkanäle der Pflanzen, welche durch die Spaltöffnungen mit der äusseren Luft communiciren, nicht tief in das Pflanzengewebe eindringen, sondern allerdings untief genannt werden müssen. Die Veränderung der Atmosphäre müsste sich also an den Stellen durch eigenthümliche Produkte charakterisiren, wenn nicht die obenerwähnte Vertheilung der Gase durch die Zellensäfte und ihre stufenweise Entstehung und Zersetzung wirklich in dieser Weise statt fänden. Die an die Luftkanäle grenzenden Zellenreihen zeigen nichts Besonderes in ihrem Inhalt, und die Bildung neuer Substanzen aus der Kohlensäure und die Entwickelung von Sauerstoff und Stickstoff finden also nicht allein in diesen, sondern durch das ganze Pflanzengewebe hindurch, wo es vom Lichte beschienen wird, statt. Daher wird denn auch wieder ein Theil der aufgenommenen Kohlensäure in die Organe übergeführt werden, die kohlensäurehaltigen und von anderswo herbeigeführten Zellensaft enthalten, die aber

nicht im Stande sind, die Kohlensäure zu neuen Verbindungen zu verwenden, weil sie keinen dazu geeigneten Inhalt haben.

Durch Versuche von *Calvert* und *Ferrand* lernen wir einen solchen Kohlensäuregehalt der Gase kennen, die in den Pflanzen hier und da in grösseren Höhlen eingeschlossen sind. Diese Kohlensäure rührt entweder aus dem Regenwasser des Bodens oder aus der Atmosphäre her; es wird im Zellensaft aufgelöst und mit den anderen, aus jenem Zellensafte, der an die Höhlen grenzt, herstammenden Gasen vermengt, welche die genannten Höhlen anfüllen. Dies ist also ein directer Beweis, dass die Kohlensäure erst ein gasförmig aufgelöster Bestandtheil der Pflanzensäfte wird, und erst später und an anderen Stellen, aber an diesen nicht einmal immer, neue Produkte bildet.

Und hierdurch werden wir gleichsam von selbst zu der wohlbekannten Erscheinung hingeführt, dass Pflanzen im Finstern auch Kohlensäure abgeben. Diese Kohlensäure ist in dem Pflanzensafte gelöst. Der Reiz des Lichts, welcher Chlor und Wasserstoff plötzlich zu Salzsäure verbindet, und in den Pflanzen so vielerlei chemische Thätigkeit erweckt, fördert die Zersetzung sauerstoffreicher Körper in sauerstoffarme oder sauerstofffreie. Dies ist eine erste Bedingung zur Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft, die in dem Luftkanale enthalten ist; denn nur durch Austausch des einen Gases gegen das andere wird diese Aufnahme von Kohlensäure bewirkt. Das Licht ist die Ursache der Bildung sauerstoffarmer Körper in den Blättern; das Licht ist also der Grund des Austausches von Kohlensäure gegen Sauerstoff, und somit die Quelle der Absorption der Kohlensäure durch die Pflanzen.

Allein im Finstern werden Chlor und Wasserstoff nicht plötzlich mit einander verbunden; im Finstern fehlt die Neigung der Bestandtheile des Zellensafts der Blätter, stets neue Körper in desoxydirender Richtung zu bilden; im Finstern wird also auch aus den Bestandtheilen der an die Luftkanäle grenzenden Pflanzenzäfte kein Sauerstoff gebildet. — Ein Austausch des Sauerstoffs gegen Kohlensäure der Luftkanäle kann also schon

gleich nicht statt finden. Im Finstern folgen die Stoffe der Blätter im Gegentheile dem gewöhnlichsten Gange der chemischen Stoffe, sie oxydiren sich nämlich, verbrauchen den noch in den Pflanzensäften vorhandenen Sauerstoff, und machen diese sauerstoffarm. Die früher aufgenommene und noch nicht veränderte Kohlensäure, welche noch in den Säften gelöst ist, verhält sich nun umgekehrt zu dem Gemenge von 79 Stickstoff und 21 Sauerstoff und jenen $\frac{5}{10000}$ Kohlensäure; sie wird gegen die Bestandtheile der Luft ausgetauscht, und, während diese in den Zellensaft eindringen, tritt die Kohlensäure aus, sie wird in die Atmosphäre entleert.

Diese Erscheinung, welche die Pflanzen Nachts zeigen, und die das Umgekehrte ist von ihrem Verhalten bei Tag, lehrt uns den kräftigen Einfluss des Lichts auf den Chemismus der Pflanzenbestandtheile kennen, und in dieser Hinsicht hat man diese Körper noch gar nicht studirt. Was aber im Finstern geschieht, kann nicht viel betragen im Verhältnisse zu den bei Tage vor sich gehenden Veränderungen. Denn mehr, als die nicht verbrauchte und in der Nähe der Luftkanäle vorhandene Kohlensäure kann gegen die athmosphärische Luft im nächtlichen Dunkel nicht ausgetauscht werden, und die Aufnahme der Kohlensäure fällt also immer, wenigstens an langen Tagen, zum Nachtheil der Pflanzen aus. An kurzen Tagen kann der Verlust bei Nacht gegen die bei Tag stattgehabte Aufnahme aufwiegen, und wenn man die Finsterniss künstlich verlängert, wird die Aufnahme von Sauerstoff allmälig so gross, dass das grüne Chlorophyll oxydirt und farblos wird (S. 278), in Folge dessen Chlorose entsteht.

Von diesem Austausch der aufgenommenen atmosphärischen Luft und der ausgestossenen Kohlensäure in der Nacht kann ein Theil des Stickstoffs herrühren, den die Pflanzen abgeben; wie viel dies aber beträgt, ist noch nicht auf dem Wege des Versuchs ermittelt. Dieser Punkt verdient aber besonders untersucht zu werden, und er lässt eine solche Untersuchung zu.

Aus dem Obigen erhellt, dass Pflanzen, die man z. B. in

Stickstoff aufbewahrt hat, sowohl Kohlensäure, wie Sauerstoff abgeben; dass sie Stickstoff und Kohlensäure abgeben müssen, wenn man Sauerstoff zu dem Versuche verwendet; endlich, dass sie Stickstoff und Sauerstoff entwickeln müssen, wenn man zu dem Versuche reine Kohlensäure benutzt. Die Kenntniss der einfachen physischen Erscheinungen der Diffusion der Gase lehrt uns dies aufs deutlichste.

Die Menge des Sauerstoffs und des Stickstoffs endlich, welche die Pflanzen bei einer normalen Zersetzung der Kohlensäure abgeben, wird zunächst abhängen von der diffundirenden Thätigkeit der Gase; aber überdies von vielen anderen Umständen. Ich nenne von diesen nur die Natur der Stoffe, aus welchen die Pflanze besteht. Unter gleichen Verhältnissen wird eine Sagopalme bei einer gleichen Kohlensäureabsorption viel mehr Sauerstoff entwickeln, als eine Oxalisart. Wenn von $2\,CO^2$ nur O entweichen kann, um Kleesäure, $C^2\,O^3$, zu bilden, so wird — ich sage, wenn die sonstigen Verhältnisse gleich sind, — aus der Oxalisart viel weniger Sauerstoff entwickelt werden können, als aus der Sagopalme, die aus $12\,CO^2 + 10\,H^2\,O$, zuletzt $C^{12}\,H^{20}\,O^{10}$ bildet und O^{24} in die Atmosphäre entweichen lässt. In dem ersten Falle treten von $12\,CO^2$ nur O^6 aus; in dem anderen Falle O^{24}.

Dieses Beispiel möge hinreichen, um zu beleuchten, wie es nur der Unrichtigkeit der Versuche zuzuschreiben ist, dass man behauptet hat, die Pflanzen gäben ungefähr so viel Sauerstoff ab — eine kleine Menge, sagt man, hielten sie zurück — wie sie Kohlensäure zersetzt haben. Eine solche Gleichförmigkeit giebt es nicht in den Produkten der Nahrungsmittel der Pflanzen, und die Regel ist somit auch unwahr. Wenn man zu dieser Verschiedenheit in den Pflanzenstoffen die Verschiedenheit des Wachsthums, des Bedürfnisses an neuen Quantitäten der vier organischen Elemente, also auch an Sauerstoff hinzuzählt, dann geht daraus wohl hervor, dass die genannte Regel nur beweist, wie roh die Wissenschaft noch ist in der Erklärung der Naturerscheinungen.

Aus den obigen Mittheilungen wird zur Genüge hervorgehen, dass die behandelte Erscheinung der Pflanzen mit der Respiration der Insecten — die indess keine *Athemzüge machen* — verglichen werden kann, in deren Tracheen nach denselben Regeln ein Austausch zwischen der Kohlensäure, die ausgeschieden wird, und dem Sauerstoff, der in den Nahrungssaft eintritt, statt findet. Und wenn man die behandelte Verrichtung der Pflanzen mit der Respiration der höheren Thierklassen vergleichen will, so ist der Vergleich noch richtig, wenn man nur das *Einziehen* der Luft ausser Rechnung lässt. (Vgl. Respiration der Thiere.)

Die Wasserpflanzen verhalten sich in der behandelten Verrichtung — die mit einem eigenen Namen unterschieden werden sollte — grade so, wie die Fische bei ihrer sogenannten Respiration. Die mit Spaltöffnungen nicht versehenen Wasserpflanzen geben der in Wasser aufgelösten Kohlensäure durch die äusserste Schichte ihrer Zellen eine reichliche Gelegenheit zum Austausche des abgesonderten Sauerstoffs; ihre Function ist in dieser Hinsicht wieder nach den oben erwähnten Regeln bestimmt.

Zwischen der Respiration der Thiere und der Pflanzen giebt es den wesentlichen Unterschied, dass die letzteren Sauerstoff abgeben, während die ersteren ihn aufnehmen, und dass die Pflanzen Kohlensäure aufnehmen, während sie von den Thieren ausgeschieden wird. Da nun die Kohlensäure auch Kohlenstoff in die Pflanzen einführt, haben Einige die Respiration der Pflanzen lieber zu der Ernährung rechnen wollen, was jedenfalls weniger ein Wortspiel ist, als wenn man das thierische Leben einen Verbrennungsprozess nennt, weil die Thiere Sauerstoff aufnehmen, und dafür Kohlensäure abtreten. Die Kohlensäure bildet ja die grösste Masse der Pflanzen.

Ausdünstung.

Die Ausdünstung der Pflanzen übt einen wichtigen Einfluss auf den Stoffwechsel, der in denselben statt findet. Die mit einer wässrigen Flüssigkeit gefüllten oder doch damit getränk-

ten Pflanzentheile werden einer trocknen Luft viel und einer feuchten Luft weniger Wasser abtreten, nach den bekannten Gesetzen der Verdünstung. Es herrscht in dieser Verrichtung der Pflanzen kein besonderes Vermögen. Ein Pfahl und ein Baumstamm, ein Stock und der Ast eines Baums, ein feuchtes Tuch und Pflanzenblätter verlieren von dem Wasser, welches sie enthalten, wenn sie trockner Luft ausgesetzt werden. Diese Verdünstung geht sowohl im Winter, wie im Sommer vor sich, denn selbst das Eis verdünstet und nimmt der Menge nach ab, indem es von seinen Theilen an die Atmosphäre abtritt. In lebenden Pflanzen wird das verdünstete Wasser im Sommer aus dem Boden ersetzt, je nach der Menge, die davon im Boden vorhanden ist, und mit diesem Ersatze werden die im Wasser gelösten Stoffe zugleich in die Pflanze eingeführt, während nur reines Wasser bei der Verdünstung hinaustritt (Kapitel VIII).

Man hat mit Unrecht die Spaltöffnungen als die Stellen betrachtet, durch welche die Verdünstung des Wassers ausschliesslich statt findet; es ist wahr, dass die Cuticula und die Epidermiszellen der Art sind, dass sie das Verdünsten des Wassers aus den saftreichen darunter liegenden Zellen nicht fördern; allein die Cuticula und die Epidermiszellen bestehen aus mit Wasser getränkten Membranen, die, indem sie austrocknen, aus den benachbarten Zellen wieder Wasser aufnehmen. Die Verdünstung geht also an *allen* äusseren Theilen der Pflanze vor sich, weil alle äussere Theile der Pflanze ohne Unterschied entweder feucht sind, oder mit feuchten Theilen communiciren.

Aus den Spaltöffnungen tritt aber aus dem nämlichen Grunde, weil die ganze Oberfläche der Pflanze Wasser ausdünstet, ebenfalls Wasserdunst aus, indem die Spaltöffnungen mit den Höhlen communiciren, welche von safthaltigen Zellen umgeben sind. Die Wassermenge, die von hier austritt, hängt, wenn die übrigen Bedingungen gleich sind, von der verdünstenden Oberfläche ab, und es ist also die Frage, wie gross jene Höhlen sind. Es ist ohne Zweifel ein Irrthum, dass hauptsächlich durch die Spaltöffnungen Wasserdunst austreten sollte.

Es muss aber bei gleicher Oberfläche die Verdünstung durch die Spaltöffnungen insofern stärker sein, als die, welche durch die Cuticula statt findet, weil diese letztere viel Wachs enthält, während die Zellen der Höhlen, mit welchen die Spaltöffnungen cummuniciren, dünne Wände haben, und von der Cuticula, und also auch von dem die Verdünstung behindernden Wachse frei sind.

Dieses Wachs der Cuticula ist auch der Grund, weshalb Fleischfrüchte so langsam eintrocknen, sie enthalten eine so reichliche Menge Wachs in ihrer Cuticula, dass ihre Oberfläche dadurch bisweilen glatt und glänzend wird (S. 275). Je dicker die Cuticula ist, desto träger ist die Verdünstung.

Die Entfernung des Wasserdunstes durch die Spaltöffnungen wird noch unterstützt durch die Ausathmung des Sauerstoffs, welches Gas nothwendiger Weise die in den Höhlen der Spaltöffnungen vorhandenen Wasserdünste verdrängt, und als feuchter Sauerstoff hinaustritt.

Dagegen sind aber wieder die Bedingungen zur Verdünstung durch die Spaltöffnungen ungünstig, wenn im Finsteren kein Sauerstoff entweicht, sondern eine kleine Menge Kohlenstoff hinausgeführt wird. Aus einer verschlossenen Höhle, welche nur durch eine kleine Oeffnung mit der Luft communicirt, geht doch die Verdünstung langsam vor sich.

Diese Ausdünstung — sie möge nun in den Höhlen der Spaltöffnungen, oder auf der Oberfläche der Cuticula, oder anderswo statt finden — hängt von der Temperatur, dem hygroskopischen Zustande der Luft, und der ausdünstenden Oberfläche, aber auch von dem Säftereichthum der Pflanzen, von der Dicke der Cuticula und der Epidermiszellenwände ab. Die Ausdünstung der Pflanzen ist ein rein physikalisches Phänomen, und wird in der Physik vollständig erklärt.

Man hat behauptet, nicht die Wärme, sondern das Licht sei die Ursache der Wasserausdünstung der Pflanzen, und als Beweis die Versuche von *Sennebier* und *Hales* angeführt, aus welchen hervorgehen sollte, dass die Verdünstung im Schatten

weniger stark ist, und in der Nacht aufhört, dass aber bei Tag und im hellen Lichte, selbst bei niedriger Temperatur die Ausdünstung am stärksten ist. Mir sind keine Versuche bekannt, aus welchen man mit Sicherheit dieses Resultat folgern könnte, und ich bezweifle also die Richtigkeit des Schlusses. Das verdünstende Wasser war Wasser, und brauchte keineswegs aus seinen Elementen gebildet zu werden. Die Verdünstung des Wassers steht auch in gar keinem Zusammenhang mit der Umsetzung der Stoffe in den Pflanzen, und es müsste also sehr sonderbar sein, dass das Licht bei diesen feuchten Körpern die Verdünstung bedingen sollte, während die Wärme dies bei allen anderen thut, nur dies abgerechnet, dass nach unseren obigen Erörterungen der ausgeschiedene Sauerstoff von der Einwirkung des Lichts abhängt.

Oxydirender Einfluss der Atmosphäre auf Stoffe, welche von den Pflanzen bereitet werden.

Es ist gänzlich unwahr, wenn wir glauben, alles was wir in den Pflanzen finden, sei von den Pflanzen abgesondert und bereitet, so wie wir es finden, d. h., dass es ein mittelbares Produkt des in Pflanzentheilen vor sich gehenden Stoffwechsels sein sollte. Alle Theile der Pflanze, welche der Atmosphäre ausgesetzt sind, erfahren auch deren Einfluss, wenn sie dessen fähig sind; alle in den Pflanzen vorhandene Stoffe, die Sauerstoff aufnehmen oder unter dem Einflusse des Sauerstoffs neue Produkte geben können, werden dadurch mehr oder weniger verändert, weil die Luft in viele Pflanzentheile eindringt.

Dieser Einfluss ist also verschieden, je nachdem die Luft mehr oder weniger zu den veränderlichen Stoffen vordringen kann, und je nachdem diese gänzlich oder zum Theil der Einwirkung anderer, in den Pflanzen vorhandener Stoffe entzogen sind, welche den Einfluss der atmosphärischen Luft modificiren können.

Die Bestandtheile saftreicher Pflanzentheile erleiden des-

halb nur eine unbedeutende Einwirkung von der atmosphärischen Luft, weil sie strotzen von einer wässrigen Flüssigkeit, welche entweder gar keine Luft, oder doch nur eine geringe Menge in Auflösung enthält. Das Wasser schützt hier die gelösten oder vertheilten, oder auch die schon als feste Substanzen abgesonderten Stoffe gegen den Einfluss der atmosphärischen Luft. Aber alle wenig Saft enthaltende, zumal alte Pflanzentheile, alle, die nicht mit einer wässrigen Flüssigkeit getränkt sind, erleiden dagegen den bedeutendsten Einfluss der Atmosphäre.

Von den fünf Stoffen der Atmosphäre, Wasser, Ammoniak, Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff, sind hier nicht alle im Stande, besonderen Einfluss zu üben. Den Stickstoff können wir hier mit Fug unberücksichtigt lassen; das Wasser und die Kohlensäure, welche durch die Wurzeln oder durch die Blätter aufgenommen werden, ebenfalls, insofern sie nämlich nicht an der Ernährung Theil nehmen, von welcher wir oben gehandelt haben; es bleiben also das Ammoniak und der Sauerstoff übrig. Der Einfluss des Ammoniaks ist der Erfahrung gemäss höchst beschränkt. Die Lichenarten, welche unter dem Einflusse von Ammoniak und Sauerstoff Lackmus geben, bleiben von der atmosphärischen Luft ungefärbt; die kleine Ammoniakmenge der Atmosphäre ist also hier offenbar nicht von Einfluss. Und ebenso darf man dies für andere Pflanzen annehmen, wenn wir vielleicht einige sehr empfindliche Farbstoffe einiger Blumen ausschliessen, welche sich durch Ammoniak oder durch die Kohlensäure der Atmosphäre wirklich anders verhalten, als dies in einer von diesen Gasen befreiten Atmosphäre der Fall sein würde.

Es bleibt also der oxydirende Einfluss des atmosphärischen Sauerstoffs. Seine Wirkung ist unbegrenzt und verdient einen hohen Grad von Aufmerksamkeit. Daher rühren ja die gefärbten Rinden, daher jene grosse Reihe von Harzen, mancher Pflanzensäuren, die man als solche in den Pflanzen findet, und die, wenn die Atmosphäre nicht sauerstoffhaltig wäre, nicht in denselben

vorkommen würden. Wenn wir die Stoffe des Pflanzenreichs durchgehen, so werden wir jenen Einfluss der Atmosphäre in der Erzeugung neuer Körper aus denjenigen, welche die Pflanzen schon abgesondert haben, als sehr wichtig kennen lernen. (Man vergleiche hierüber die Abschnitte über: Harze, Gerbsäure, Gallussäure, Zimmtsäure, Benzoesäure u. s. w.)

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Rinden ist in verschiedenen Holzgewächsen viel ähnlicher, als die des Holzes dieser Pflanzen. Zunächst enthalten sie die von den Blättern hinabgeführten Stoffe, die, weil in den Blättern eine chemische Umwandlung in desoxydirender Richtung statt gefunden hat — es ist nämlich Sauerstoff entwickelt — in der Regel sauerstoffarm oder sauerstofffrei sind. Die ätherischen Oele findet man deshalb vorzugsweise im Rindenparenchym, so wie die daraus entstandenen Harze (s. diese beiden).

Daher eine Allgemeinheit in den Stoffen, mit welchen die Rinden der dicotyledonischen Holzgewächse gefüllt sind, die freilich von einander verschieden sind, aber doch zu dem nämlichen Genus chemischer Körper gehören.

Es giebt noch einen andern Grund für die ähnliche Beschaffenheit der genannten Rinden. Indem sie den Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt sind, zerfallen die alten, durch das fortschreitende Wachsthum rissig gespaltenen Rinden, deren Gefässe zusammengedrückt sind, in eine humusartige Substanz, die braun gefärbt ist, und den alten Rinden sehr verschiedener Bäume das nämliche Ansehen und viel übereinstimmende chemische Eigenschaften ertheilt.

Endlich kommt dazu noch ein Zersetzungsprodukt eines sehr vielen Rinden gemeinschaftlich zukommenden Bestandtheils: nämlich das Apothem der Gerbsäure, einer Säure, die allerdings in Krautpflanzen, Blättern und Früchten gefunden wird, die aber doch vorzugsweise in Rinden gebildet zu werden scheint.

Ohne Zweifel sind es diese Stoffe, welche in der nachstehenden Untersuchung erwähnt sind. Die Aehnlichkeit in der Zu-

sammensetzung des Phlobaphens und der früher (vergl. S. 162) von mir untersuchten Humussubstanzen, scheint mir wenigstens gross zu sein. *Stähelin* und *Hofstetter* haben (Ann. der Chemie und Pharm., Juli 1844, S. 63) nämlich einige Rinden analysirt.

Aus der Rinde von Pinus sylvestris zogen sie mit Aether eine Wachsart aus; sodann durch Alkohol einen Stoff, der in rothbraunen Flocken durch Wasser gefällt werden konnte, und einen andern, der in der sauer reagirenden Flüssigkeit gelöst zurück blieb. Sie nennen die erstere Substanz Phlobaphen und fanden dafür:

	gef.	At.	ber.
C	62,78 . .	20 . .	62,77
H	4,30 . .	16 . .	4,12
O	32,92 . .	8 . .	33,10

Sie wurde in Ammoniak aufgelöst und durch ein Bleisalz gefällt.

Die saure Flüssigkeit fällte Eisensalze mit grüner Farbe; sie war gelb und adstringirend. Sie fanden dafür $C^{20} H^{16} O^{8}$; es war indess ein Gemenge zweier Stoffe, von welchen der eine Phlobaphen + aq. ist.

Die nämliche Substanz wurde nach der Behandlung mit Aether und Alkohol, durch kohlensaure Alkalien aus der Rinde ausgezogen, und endlich blieb das Skelett der Rinde zurück. Dies gab:

	gef.	At.	ber.
C	52,20 . .	34 . .	52,20
H	5,61 . .	42 . .	5,30
O	42,19 . .	21 . .	42,50

Nächst diesem Skelett bildet das Phlobaphen die Hauptmasse der Rinde, und es färbt diese braun.

In Platanus acerifolia fanden sie einen ähnlichen Stoff = $C^{20} H^{16} O^{8} + 2 H^{2} O$, und das nämliche Skelett wie bei Pinus von derselben Zusammensetzung.

In China flava wieder $C^{20} H^{16} O^8$, aber daneben eine andere Substanz $C^{21} H^{24} O^7$.

In Betula alba wieder $C^{20} H^{16} O^8$ in der alkoholischen Lösung; in der alkalischen $C^{20} H^{16} O^8 + aq$.

Es ist nur einmal die Temperatur angegeben, bei welcher die Stoffe getrocknet wurden, und diese war 100°. Dadurch sind wir über die Zusammensetzung jener Körper ungewiss.

Wir dürfen aber daraus schliessen, dass es in alten Rinden einen Stoff giebt, der sich durch gewisse Eigenschaften an die ulminartigen Körper anschliesst, durch die nämlich, dass er in zwei verschiedenen Zuständen erscheint, als löslich in Alkohol und als löslich in Alkalien, und dass er wahrscheinlich ein Apothema ist. Sodann, dass das ganze, durch die genannten Lösungsmittel ausgezogene Skelett eine ziemlich gleichförmige Zusammensetzung zu besitzen scheint.

Das Reifen der Früchte.

Beim Reifen der Fleischfrüchte muss man zwei Momente unterscheiden: das Wachsthum, die Entwicklung und das eigentliche Reifen. Es sind über diesen Gegenstand eine Menge von Untersuchungen angestellt, allein nur wenige werthvolle, weil man diesen Unterschied nicht hinlänglich berücksichtigt hat.

Indem ich also die Resultate von *Ingenhous*, *Sennebier*, *Davy* und Anderen stillschweigend übergehe, ist es nöthig, auf die von *de Saussure* und *Couverchel* einen Blick zu werfen (Ann. de chimie et de physique T. 46 p. 147). *Bérard* hat zwar viele Analysen reifer und unreifer Früchte gemacht, allein sie sind nicht der Art, dass sie die Sache dem Principe nach gehörig entwickelt haben.

De Saussure hatte wohl eigesehen, dass grüne Früchte den nämlichen Einfluss auf die Luft ausüben, wie die Blätter; nur fand er diesen Einfluss etwas geringer. Die Kohlensäuremenge, welche sie aufnehmen, vermindert in demselben Verhältnisse, in welchem sie dem Zustande der Reife näher kommen. Eben diese Thatsachen fand *Couverchel* bestätigt, der

indess noch hinzufügte, dass sie während des Reifens Kohlensäure ausstossen.

Was nun die Entwicklung der Früchte betrifft, so muss sie den allgemeinen in den Pflanzen thätigen Ursachen zugeschrieben werden. Zufuhr von Stoffen durch den Blattstiel und von Kohlensäure aus der Luft, wofür Sauerstoff entwickelt wird, sind die beiden Quellen der Wasserzunahme in den Früchten, wie in den Blättern; denn auch diese erhalten Stoffe durch den Blattstiel und Kohlensäure aus der Luft.

Gesetzt nun aber auch, es kämen in den Blättern und in den Früchten der nämlichen Pflanze ursprünglich durchaus dieselben Stoffe vor, so würde schon bald eine materielle Verschiedenheit zwischen beiden entstehen müssen. Die Menge der neben einander vorhandenen, endosmotisch wechselnden Stoffe ist in beiden sehr verschieden, und aus dieser verschiedenen Menge folgt bald eine verschiedene Beschaffenheit, und das wird eine Quelle der Verschiedenheit durch Vervielfältigung in den zahlreichen Fruchtzellen.

Proteinverbindungen, Dextrin, Zucker, der Seifenstoff, Salze, kurz die Bestandtheile des Pflanzensafts, treten also in den Fruchtstiel ein, und werden durch die Kohlensäure der Luft vermehrt. Auf diese Weise nimmt die Masse der Frucht fortwährend zu, und zwar unter starker Vermehrung der Zellen; es herrscht überhaupt eine grosse Thätigkeit. Die Verdünstung geht durch die Oberhaut regelmässig von Statten, die Säfte werden dadurch verdichtet und die Kohlensäure immer dadurch zerlegt.

Allmälig treten aber zu gleicher Zeit zwei verschiedene Ursachen ein, die aber auf eine einzige hinauslaufen. Wenn nämlich die Frucht ihre Grösse erreicht hat, trocknet der Fruchtstiel ein, so dass er sich leicht von der Pflanze trennen lässt, und zugleich entwickelt sich Wachs in der Cuticula, so dass das Austrocknen dadurch verhindert wird. Von jetzt an findet weder eine Zufuhr von Stoffen durch den Fruchtstiel, noch auch eine Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft statt; es hat sich

ein abgeschlossenes Ganze gebildet, welches an und für sich Stoffwechsel erleiden kann, aber nur nicht ferner, als es dazu selbst die nöthigen Materialien enthält.

Dieser letzte Schluss ist namentlich aus den Beobachtunten von *Couverchel* abgeleitet. Entwickelte Fleischfrüchte sah er von der Pflanze getrennt, wie an der Pflanze, reifen.

Couverchel hat bei seinen Versuchen mit entwickelten und reifen Früchten, von und an der Pflanze, stets eine Entwickelung von Kohlensäure gesehen, ohne dass der Sauerstoff der Luft abnahm. Es ist die Frage, woher dies rührt. Eine durch eine chemische Reaction bedingte Ausscheidung von Kohlensäure lässt sich hier keinenfalls erwarten, sondern eine solche, wie hier sich aus den Blättern ereignet. Ich verweise hierüber auf die *Draper*'schen Versuche, und auf das was wir in Betracht derselben oben mitgetheilt haben.

Endlich hat *Couverchel* noch Versuche angestellt über das Aufbewahren der Früchte, im luftleeren Raum oder im Stickstoff, die sich nach *Bérard's* Aussage dazu vollkommen eignen sollten, er sah indess die chemische Umsetzung der Bestandtheile der Früchte stets fortschreiten, gerade so wie dies an der Luft der Fall ist, und er schliesst, dass er unter keinerlei Umständen Früchte schmackhaft hat erhalten können. Ich kann hinzufügen, dass Aepfel, die in luftleeren Gefässen von hier nach Indien geschickt waren, allen Geschmack verloren hatten, wenn sie gleich keine Spur von Fäulniss zeigten.

Die Fleischfrüchte erhalten beim Reifen, gerade so wie die beerenartigen Früchte, eine viel grössere Menge von Zucker, als sie schon, nachdem sie völlig ausgewachsen, wenn gleich noch unreif, waren, besassen. Es fragt sich, woher dieser Zukker komme. Kann man seine Entstehung aus Stoffen ableiten, die in den unreifen ausgewachsenen Früchten vorhanden sind, und wenn dies der Fall ist, aus welchem. Betrachten wir zu dem Ende *Bérard's* Analysen.

Bestandtheile:	Aprikosen.		Reine Clauden.		Kirschen.	
	Unreife.	Reife.	Unreife.	Reife.	Unreife.	Reife.
Harziges Chlorophyll .	0,27		0,03	0,08	0,05	
Farbstoff					nicht bestimmt	
Zucker	0,63	11,61	17,71	24,81	1,12	18,12
Dextrin	4,22	4,85	5,53	2,06	6,01	3,23
Pflanzencellulose und Pectose	3,01	1,21	1,26	1,11	2,44	1,12
Eiweiss	0,41	0,93	0,45	0,28	0,21	0,57
Aepfelsäure	1,07	1,10	0,45	0,56	1,75	2,01
Kalk	0,08	0,06	Spur.	Spur.	0,14	0,10
Wasser	90,31	80,24	74,57	71,10	88,28	74,85
Citronensäure						

Bestandtheile:	Pfirsiche.			Birnen.		Stachelbeeren.	
	Unreife.	Reifere.	Reife.	Unreife.	Reife.	Unreife.	Reife.
Harziges Blattgrün . .	0,04	0,03		0,08	0,01	0,03	
Farbstoff			0,10				
Zucker	Spur.	6,64	16,48	6,45	11,52	0,52	6,24
Dextrin	4,10	4,47	5,12	3,17	2,07	1,36	0,78
Pflanzencellulose und Pectose	3,61	2,53	1,86	3,80	2,19	8,45	8,01
Eiweiss	0,76	0,34	0,17	0,08	0,21	1,07	0,86
Aepfelsäure	2,70	2,03	1,80	0,11	0,08	1,80	2,41
Kalk	sehr wenig.			0,03	0,04	0,24	0,29
Wasser	89,39	84,49	74,87	86,28	83,88	86,41	81,10
Citronensäure						0,12	0,31

Aus diesen Analysen erhellt, dass die Säuren (die hier alle bloss Aepfelsäure sein sollen) der Menge nach nicht abnehmen; und *Liebig's* Satz (Journ. de Pharm. et de Chim., Tom. 4. p. 85, 1844) dass diese Säuren in Zucker verwandeln, ist, hiernach zu urtheilen, unrichtig. Die Säuren vermindern nur *scheinbar*, weil der Zucker zunimmt, und den sauren Geschmack der Früchte mässigt; nach *Bérard* sollten sich diese Säuren selbst in vielen noch vermehren [1]).

[1]) In Wachholderbeeren nimmt indess die Aepfelsäure zur Zeit des Reifens jedenfalls ab.

Die Bestandtheile, welche abnehmen, sind Dextrin, obgleich es hiervon nach den *Bérard*'schen Analysen auch Ausnahmen giebt. In keinem Fall ist diese Verminderung des Dextrins so gross, wie die Vermehrung des Zuckers.

Weiter nimmt das in den *Bérard*'schen Analysen durch Cellulose und Pectose Bezeichnete ab. Allein auch hieraus lässt sich die Vermehrung des Zuckers nicht erklären.

Kann jener Zucker von der Luft entnommener Kohlensäure hergeleitet werden? — Nach meiner Ueberzeugung keineswegs. Es müsste doch so in kurzer Zeit eine beträchtliche Menge davon durch die Fruchthülle hindurchdringen, was — bei dem schnellen Wachsthum der Früchte, auch wenn die Luft bloss aus Kohlensäure bestände — kaum möglich sein würde.

Die Ansicht, dass durch die Säuren der Früchte, die Pectose der Früchte in Zucker verwandelt werden sollte, ist offenbar unbegründet. Denn in den Früchten würden dazu keine Säuren erfordert werden, wenn wirklich eine solche Umsetzung statt fände. Rüben, Mohrrüben, Runkelrüben sind alle Pectinsäure gebende und zuckerhaltige Wurzeln, in welchen keine freie Säure gefunden wird. Die Pectose giebt, wie wir (Scheik. Onderz. D. III, p. 247) sahen, sowohl Zucker wie Pectinsäure, und wir sind so weit entfernt davon, eine Verwandlung der Pectinsäure in Zucker anzunehmen, dass uns die beiden Stoffe in ihrer Entwicklung vielmehr gleichen Schritt zu halten scheinen.

Die Pectose ist so zusammengesetzt und ihre Entstehung aus anderen Körpern noch so unerklärlich, dass es für jetzt unmöglich ist, eine richtige Vorstellung von dem Stoffwechsel zu geben, welcher beim Reifen der Früchte vor sich geht. Hüten wir uns daher, uns für eine bestimmte Vorstellung zu entscheiden, bis neue Thatsachen hierüber einiges Licht verbreitet haben werden.

Wenn diese Untersuchung richtig geleitet werden soll, so muss man für unreife Früchte völlig ausgewachsene benutzen, diese von der Pflanze trennen, und die Veränderungen, welche

die Stoffe an und für sich erleiden, studiren. Diese Untersuchung stösst aber, abgesehen von der schwierigen Trennung der Bestandtheile zu einer genauen Analyse, auf Schwierigkeiten, weil gegen die Zeit der Reife der Umfang der Früchte gerade sehr stark zunimmt, und also durch den Fruchtstiel sehr viel hinzugeführt wird; sodann weil zu der Zeit ein sehr kräftiger Stoffwechsel stattfindet, der durch eine starke Verdünstung unterstützt wird, und endlich weil die beiden Entwicklungsmomente, Wachsthum und Reife, bisweilen zusammenfallen. So ist es z. B. allgemein bekannt, dass die Kirschen durch kräftige Sonnenwärme kurz vor ihrer Reife sehr stark aufquellen und dabei zugleich reif werden. Dieses Aufquellen wird bedingt durch eine Zufuhr von Pflanzensaft durch den Fruchtstiel; die zur Zeit schon stark geröthete Kirsche nimmt aus der Luft keine Kohlensäure mehr auf. Alles was sie also dann erhält, kommt aus der Pflanze, und die Veränderung, welche hierbei in den Stoffen der Frucht vor sich geht, ist also eine gemischte von dem, was schon vorhanden war, und von dem, was neu hinzugeführt wurde.

So weit unsere jetzige Kenntniss reicht — und diese ist gering, denn die einzigen Analysen, welche wir besitzen, sind die von *Bérard*, welche unvollkommen genannt werden müssen, giebt es keinen Grund:

1) Um der durch die Fruchthülle aufgenommenen Kohlensäure der Luft eine wichtige Stelle in der Zufuhr der Masse der Fruchtstoffe zuzuschreiben; die Oberfläche der Frucht ist nämlich im Verhältnisse zu dem Inhalte sehr gering, die Menge der Kohlensäure klein und die Früchte wachsen schnell;

2) Um uns zu denken, dass erst Pflanzensäuren und aus diesen Säuren Zucker gebildet werden sollte; auch nicht durch diese Säuren aus Dextrin oder aus Pectose.

Es scheint vielmehr die Hauptmasse der Fruchtstoffe durch den Fruchtstiel zugeführt zu werden.

Dass sich indess eine wahre chemische Umsetzung der zugeführten Stoffe in der Frucht ereignet, lässt sich nicht bezwei-

feln, so wie die Säuren in den unreifen Früchten von der Kohlensäure der Luft herzustammen scheinen.

Frémy hat über das Reifen der Früchte Versuche angestellt, (Comptes Rendus, 21. Oct. 1844). Kaum getrennte Fleischfrüchte verwandeln rasch den Sauerstoff in Kohlensäure. Am Baume, mit Firniss überzogen, hörten sie auf sich zu entwikkeln. Er folgert hieraus nicht mit *Bérard*, dass zum Reifen der Früchte diese Kohlensäurebildung nöthig ist, sondern bloss, dass zu einer guten Entwicklung die Respiration erfordert wird. Die in reifen Früchten enthaltene Luft enthielt sehr wenig oder keinen Sauerstoff, aber sehr viel Kohlensäure; die unreifen Früchte enthielten selten Kohlensäure, aber Sauerstoff. Eine zerkleinerte Birne hörte sogleich auf Kohlensäure zu geben.

In Trauben, die nur 5 Milligramme wogen, fand er schon Weinsteinsäure. Er glaubt also nicht, dass diese Weinsteinsäure aus einer anderen Säure gebildet wird. Ein Pflaumenbaum wurde zur Zeit, wo die Frucht zu reifen anfing, mit einer Natronlösung begossen. Die Früchte fielen scheinbar reif ab, allein sie schmeckten gar nicht süss. Er schliesst hieraus aber nicht mit *Bérard*, dass die Säuren den Zucker in den Früchten bilden, sondern dass das Alkali die Bildung des Zuckers verhindert hat.

Dass die reifen Früchte nicht sauer schmecken, glaubt er einer grösseren Menge Basis, welche die Säuren sättigt, nicht aber dem Zucker, der sie einhülle, zuschreiben zu müssen [1]).

[1]) *Frémy* schliesst aus seinen Versuchen:

1) Man hält das Reifen der Früchte auf, wenn man sie mit einem Firniss überzieht, welches zugleich dem Einflusse der Luft und der Transpiration widersteht.

2) Die Verwandlung des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure während des Reifens ist eine Erscheinung, die von der Organisation der Frucht abzuhängen scheint.

3) Das in den Früchten enthaltene Gas ist häufig ein Gemenge von Stickstoff und Kohlensäure; der Sauerstoff findet sich nur in beträchtlicher Menge in den noch grünen Früchten; ein Resultat, welches die über die Respiration der Früchte gemachten Beobachtungen bestätigt.

So viel über die *fleischichten* und *beerenartigen* Früchte.

Die Früchte der *Leguminosae* und viele andere, in der Regel diejenigen, welche stärkemehlhaltig sind, zeigen gerade das umgekehrte Verhalten von den Fleischfrüchten; sie enthalten nämlich viel Zucker und relativ wenig Stärkmehl, so lange sie noch unreif sind; sie behalten aber diese Zuckermenge, und erhalten während des Reifens viel mehr Stärkmehl.

Dies lehren uns die Erbsen und Bohnen. Nach *Einhof* enthält unreife Gerste 15,97 % Stärkmehl und 5,55 Zucker, während die reife Gerste 67,18 Stärkmehl und 5,21 Zucker enthält. Möge nun das Stärkmehl als Dextrin, oder, so wie beim Mais, (S. 243) als Zucker hinzugeführt sein; die Menge des Zuckers nimmt beim Reifen nicht ab. Hier lässt sich nicht an eine Veränderung der aufgenommenen Kohlensäure der Luft in Stärkmehl, in einer solchen Menge denken: die Masse muss durch den Fruchtstiel zugeführt sein, und die Vorgänge bei der Gerste, beim Mais, können also das, was in Fleischfrüchten geschehen muss, beleuchten.

Mit diesem nämlichen Pflanzensafte, dessen Wasser in dem Samen verdünstet — weshalb auch solche Früchte, um zu rei-

4) Die in der Traube enthaltene Weinsteinsäure ist nicht das Produkt der Modification einer anderen Säure, so wie einige Chemiker geglaubt haben; denn sie findet sich in der Frucht in ihrer frühesten Entwicklungsperiode wie zur Zeit der Reife.

5) Die Früchte, welche sich bei der Gegenwart einer alkalischen Flüssigkeit entwickeln, enthalten keine bemerkliche Zuckermenge.

6) Im Augenblicke der Reife sind die Säuren der Früchte zum Theil gesättigt, und sie bilden Kalk- oder Kalisalze.

7) Die Veränderungen, welche die vom Baume getrennten Früchte erleiden, gehören einer Periode der Zersetzung an, auf welche die Luft einen mächtigen Einfluss ausübt.

8) Einige stickstoffhaltige Stoffe, thierischen oder pflanzlichen Ursprungs, können die organischen Salze in kohlensaure Salze verwandeln. Diese besondere Eigenschaft, welche beweist, wie die Alkalien beim Wachsthum der Pflanzen ersetzt werden, lässt auch eine Erklärung der Ansammlung des kohlensauren Kalks zu, welchen man häufig in dem Gewebe der Blätter findet. (*Frémy*, über das Reifen der Früchte, in Journal de Chimie médicale, Mars 1845, p. 132.)

fen, warme Tage brauchen — werden zugleich viele Proteinverbindungen, viele Salze u. s. w. zugeführt.

Diese mehlhaltigen Samen unterscheiden sich darin endlich noch wesentlich von den Fleischfrüchten, dass in diesen letzteren eine sehr starke Zellenvermehrung statt findet, während die mehlhaltigen Samen feste Stoffe in den Zellen verdichten, und sich nicht stark ausdehnen: ein wichtiger Unterschied bei einander so nahe stehenden Produkten, wie Cellulose und Stärkmehl.

Endlich verdienen die *ölhaltigen* Samen noch Erwähnung, von denen wir, insoferne sie Fettstoff enthalten, S. 270 gesehen haben, dass sie erst Stärkmehl halten, und dieses in demselben Verhältnisse verlieren, in welchem der Fettstoff zunimmt. Also eine merkwürdige Umsetzung der einen Substanz in die andere, wobei eine reichliche Menge Sauerstoff ausgeschieden werden muss.

Dies muss ebenso der Fall sein in allen Samen, welche ätherische Oele enthalten: Anis-, Fenchel-, Kümmelsamen u. s. w. Allein aus welcher Substanz diese ätherischen Oele entstehen, ist noch nicht nachgewiesen.

Betrachtung der pflanzlichen Stoffe mit Rücksicht auf ihre Entstehung.

Der in den Pflanzen vor sich gehende Stoffwechsel begreift alle die Veränderungen in sich, welche die von aussen ihnen dargebotenen Nahrungsstoffe erleiden, wenn sie entweder in Pflanzentheile, die mit einer Form versehen sind, oder in amorphe, dem Inhalte der Zellen und Gefässe angehörige, oder aber in nach aussen entweichende Stoffe verwandelt werden. Es ist eine schwierige Aufgabe, in dieses weite und noch so wenig bearbeitete Feld einige Ordnung zu bringen; die gegenwärtige Wissenschaft erlaubt hierin bloss einige allgemeine Winke.

In der Regel unterscheidet man in der Pflanzenphysiologie

zwei Arten des Stoffwechsels, nämlich die, welche man *Ernährung* und die, welche man *Absonderung* der Pflanzen nennt. Diese Unterscheidung ist indess ungenau. Nicht etwa, dass nicht bestimmte Stoffe in den Pflanzen ausgetrieben werden sollten; indem aber diese dann *ausgeschiedene* und nicht *abgesonderte* Stoffe heissen müssten, lässt sich keine Grenzlinie ziehen zwischen der Ernährung und der Absonderung. Die beiden Functionen gehen häufig in einander über, und stehen gewiss in einem innigen Causalnexus.

Ich habe weder den Namen der Ernährung, noch den der Se- oder Excretion in dem dafür üblichen Sinne beibehalten. Was zu dem unentbehrlichen Zelleninhalte gehört, darf ebenso Nahrung der Pflanze genannt werden, wie die Theile, welche eine Form annehmen, und zu den bleibenden Bestandtheilen gezählt werden müssen. Vielleicht muss man sogar viel von dem, was in den Pflanzen in festen Zustand übergeführt wird, als ziemlich indifferent für das Pflanzenleben betrachten, mehr als eine letzte Folge des Stoffwechsels, denn als eine erste Bedingung des Pflanzenlebens. Die verdickenden Holzzellenschichten z. B., welche eine solche Masse in allen holzigen Gewächsen bilden, dürfen ohne Zweifel als in der Weise indifferent betrachtet werden. Sie scheinen zu den Stoffen zu gehören, welche in den Pflanzen fehlen können, ohne dass dadurch der wesentliche Charakter der Pflanzen bestimmt würde, während z. B. die Säuren und der Zucker in Fleischfrüchten durchaus unentbehrliche Bestandtheile sind, ohne welche man sich jene Früchte nicht denken kann.

Was endlich viele se- und excernirte Stoffe betrifft, auch diese sind häufig so wesentlich für die Natur des Pflanzenlebens bestimmter Familien, dass sie keineswegs als überflüssige oder schädliche und also auszuscheidende Substanzen betrachtet werden dürfen, z. B. viele ätherische Oele, das Opium im Mohn u. s. w.

Wenn wir auf den Anfang und das Ende der Metamorphosen sehen, die im Pflanzenreiche vor sich gehen, so könnte es

einfach scheinen, wo schon so viele pflanzliche Stoffe bekannt sind, ihre Bildung zu erklären. Dazu hätten wir nur nöthig, von den Nahrungsstoffen der Pflanzen, d. h. von Kohlensäure, Ammoniak, Wasser, Ulminsäure, Huminsäure, Geinsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure, zwei oder drei zum Ausgangspunkte zu wählen, und daraus mit der Feder die Entstehung eines jeden Pflanzenkörpers zu construiren, wie wir es z. B. S. 75 für Stärkmehl gethan haben. Citronensäure $C^4 H^4 O^4$ ist dann Kohlensäure und Wasser, welches Sauerstoff verloren hat,

$$4\,CO^2 + 2\,H^2O = C^4H^4O^4 + O^6.$$

Chinin $= C^{20} H^{24} N^2 O^2$ entsteht aus ulminsaurem Ammoniak

$$C^{40} H^{28} O^{12} + N^2 H^8 O + \text{Kohlensäure } CO^2 + 6\,H^2O$$

$$= C^{41} H^{48} N^2 O^{21} = C^{20} H^{24} N^2 O^2 \text{ Chinin}$$

$$C^{21} H^{24} \quad O^{12} = 3\,\text{Aeq. Chinasäure.}$$

$$O^7 \text{ Sauerstoff.}$$

$$\overline{C^{41} H^{48} N^2 O^{21}.}$$

Auf diese Weise könnten wir fortfahren und mit der Feder die ganze organische Natur construiren. Die physiologische Chemie ist aber keine Wissenschaft von Möglichkeiten oder Wahrscheinlichkeiten, sondern von Wahrheiten, und wo diese nicht fehlen, bringen uns solche Wahrscheinlichkeiten nicht weiter. Der Schein der Wahrheit ist die Wahrheit nicht; das Wort *Wissenschaft* ist nicht von *Scheinen*, sondern von *Wissen* abgeleitet. Jene Schemata können uns höchstens lehren, was aus der Pflanze ausgeschieden werden muss, und was in dieselbe eingehen muss, wenn wir wissen, was in derselben gebildet wird.

Es bringt also die Wissenschaft um nichts weiter, wenn wir auf diese Weise einen Zusammenhang zwischen den pflanzlichen Stoffen aufweisen, und da uns über die Entstehung pflanzlicher Körper das Meiste noch unbekannt ist, so ist es gut, diese Unwissenheit zu bekennen, und uns mit dem Wenigen, was wir über diesen Gegenstand wissen, zu begnügen, und abzuwarten, was nach uns entdeckt werden wird.

Unläugbar giebt es allgemein in den Pflanzen, die Theile,

welche für die Luft erreichbar sind, abgerechnet, einen Hang zur Desoxydation, und also grade das Gegentheil von dem, was eine erhöhte Temperatur in vielen chemischen Körpern hervorbringt. Die Bildung sauerstofffreier Körper, z. B. vieler ätherischer Oele, oder sauerstoffarmer Körper, wie die Pflanzenbasen, lehrt uns diese Neigung zur Desoxydation kennen. Aus dieser allgemeinen Neigung — die sich in der Entwicklung reinen Sauerstoffs in die Atmosphäre äussert, und die wir als Thatsache annehmen dürfen, ohne darüber etwas mehr zu wissen, als über die Frage, weshalb die Glühhitze dem Eisen grade die entgegengesetzten Eigenschaften mittheilt — dürfen wir also die Entstehung vieler Körper im Allgemeinen erklären; allein zu einer gründlichen Erklärung wäre erforderlich, dass wir der Entstehung auf die Spur folgten, wie wir die Bildung des Mellons verfolgen, wenn wir damit anfangen, Blut und Kali in einem eisernen Gefässe zu erhitzen, das gebildete Eisencyankalium mit Schwefel erhitzen, durch das gebildete Schwefelcyankalium Chlor leiten, und das Schwefelcyan erhitzen, um daraus endlich Mellon zu bilden. Es ist kein einziger Grund vorhanden, weshalb wir bei dem Mellon etwas mehr erstreben sollten, als bei der Bildung von Weinsteinsäure, und wenn wir von dieser Bildung von Weinsteinsäure nicht ebenso viel wissen, wie von der des Mellons, so *kennen* wir die Bildung der Weinsteinsäure nicht.

Die allgemeinen Bestandtheile der meisten, wo nicht *aller* Pflanzen, sind Cellulose, Stärkmehl, Inulin, Moosstärke, Gummi, Pflanzenschleim, Dextrin, die verschiedenen Zuckerarten, die Substanz des hornichten Albumens, welche alle nach der Formel $C^{12} H^{20} O^{10}$ + einer gewisssen Wassermenge reducirt werden können. Sodann Pectose, wovon wir die Zusammensetzung noch nicht kennen; die beiden verdickenden Schichten der Holzzellen, die Substanz der Cuticula, des Korkgewebes, einiger Markarten, über welche alle in dem VI. und VII. Kapitel gehandelt ist. Insofern unsere Kenntniss es erlaubt, ist auch die Entstehung dieser Körper dort behandelt, so wie die Fette, die

Wachsarten, das Chlorophyll und die verschiedenen Formen, unter welchen sich das Protein in den Pflanzen zeigt.

Es bleiben uns jetzt die weniger allgemeinen, zum Theil sehr seltenen Stoffe zu betrachten. Ich beschränke mich auf diejenigen, von welchen wir gute Analysen besitzen, und ich übergehe natürlich die noch nicht analysirten — deren Anzahl gross ist — und auch die ihrer Zusammensetzung nach noch zweifelhaften Pflanzentheile mit Stillschweigen.

Kleesäure.

Unter den ziemlich allgemein in den Pflanzen verbreiteten Körpern trifft man die Kleesäure an Kalk gebunden.

Dieser kleesaure Kalk, der sich unter so schönen Formen zeigen kann, verdient vorzüglich unsere Aufmerksamkeit. In stärkmehlreichen Pflanzentheilen fehlt er häufig, so z. B. in den Kartoffeln, aber in den stärkmehlhaltigen Cacteën ist er dagegen allgemein. Auf jeden Fall ist die Kleesäure viel allgemeiner verbreitet, als irgend eine andere Pflanzensäure; während die meisten Säuren überdies nur in den Früchten gefunden werden, kommt die Kleesäure nicht nur als doppelt kleesaures Kali in den Rumex-Arten, sondern auch als kohlensaurer Kalk in den verschiedensten Pflanzen ausserhalb der Früchte vor.

Diese allgemeine Verbreitung der Kleesäure ist doppelt merkwürdig, weil die Säure an der Grenze der organischen Körper steht, eine anomale Pflanzensäure ist, die in der Fähigkeit, sich mit Basen zu verbinden, mit der Schwefelsäure wetteifert; weil sie ferner ein Zersetzungsprodukt der Einwirkung von Salpetersäure auf viele indifferente Körper der organischen Natur ist, wobei sie neben Kohlensäure gebildet wird, z. B. bei der Zersetzung von Zucker durch Salpetersäure, und weil sie endlich, wie die Kohlensäure, wasserstofffrei und von derselben nur um $\frac{1}{2}$ Aeq. Sauerstoff verschieden ist.

Wenn wir zu alle dem hinzufügen, dass unwidersprechliche Thatsachen lehren, dass die Pflanzen Kohlensäure aufnehmen und zersetzen, und Sauerstoff ausstossen, so wer-

den wir gleichsam mit dem Finger auf die Wahrheit geführt, dass wirklich bei den Pflanzen, welche Kohlensäure enthalten — und deren giebt es sehr viele — Kleesäure aus Kohlensäure gebildet wird.

Wie diese Kleesäure aus der Kohlensäure gebildet wird, dies leiten wir also aus der allgemein anerkannten Neigung der in der Pflanze vorhandenen Stoffe ab, vermöge welcher sie nämlich Sauerstoff abtreten. Für je zwei Aequivalente Kohlensäure, die absorbirt werden, tritt also 1 Aeq. Sauerstoff aus, es wird 1 Aeq. Wasser gebunden und so entsteht $C^2 O^3 + H^2 O$. Nur dann, wenn eine Basis wie Kalk vorhanden ist, bleibt diese Kleesäure unverändert; wenn jene Basis fehlt, so fährt diese fort, Sauerstoff zu verlieren, und dann kann sie andere Säuren, andere Stoffe liefern.

Dass die Kleesäure in den Pflanzen wirklich aus Kohlensäure gebildet wird und kein Oxydationsprodukt von Zucker oder einer ähnlichen Substanz ist, lässt sich leicht beweisen. In Körpern, in welchen Kupferoxydsalze zu Oxydulsalzen reducirt, in welchen Kohlensäure unter Sauerstoffentwicklung zersetzt, in welchen überall Desoxydationserscheinungen gesehen werden, wäre die Bildung des höchsten aller organischen Oxydationsprodukte ein grosser Widerspruch. Jene Kleesäure wird neben sauerstoffarmen Köpern gebildet; während sie ausserhalb des Pflanzenreichs nur unter solchen Verhältnissen gebildet werden kann, unter welchen sich der Sauerstoff im Ueberfluss und leicht mit organischen Körpern verbinden kann.

Wenn also von irgend einer organischen Substanz etwas erwiesen ist, so ist es, dass die Kleesäure aus Kohlensäure unter Sauerstoffverlust gebildet wird.

Säuren der Früchte.

Rücksichtlich der meisten Pflanzensäuren lässt sich jetzt feststellen, dass sie conplex sind. In diesem Falle verkehren die polybasischen. Wenn sie es nicht in der gewöhnlichen Tem-

peratur sind, so werden sie es bei höheren Graden, oder unter bestimmten Verhältnissen. Die *Citronensäure* verändert z. B. unter dem Einflusse von Silberoxyd, leicht in eine Verbindung von Citronensäure und Aconitsäure:

$$3\,(C^4 H^4 O^4) = 2\,(C^4 H^4 O^4) + C^4 H^2 O^3 + H^2 O = C^{12} H^{10} O^{11} + H^2 O,$$

so wie *Berzélius* dies gezeigt hat (Jahresbericht, 1840, S. 354). *Dumas* (Ann. de chimie et de physique, Tom 5, p. 360) giebt dafür die folgende Zusammensetzung:

Kleesäure . . .	$C^2 \quad O^3$
Essigsäure . . .	$C^4 H^6 O^3$
Essig-Kleesäure .	$\left\{\begin{array}{l} C^4 H^4 O^3 \\ C^2 \quad O^2 \end{array}\right.$
	$C^{12} H^{10} O^{11}$.

Er bringt indess keine Beweise für seine Ansicht bei.

Weinsteinsäure, $2\,C^4 H^4 O^5$, ist nach *Dumas* (Ann. de chim. et de phys. Tom. 5. p. 353) eine Verbindung von 2 At. Kleesäure und 1 At. Essigsäure, weniger $H^2 O$, so dasss die Essigsäure H^2 und die Kleesäure O verliert z. B. $2\,(C^4 O^5) = C^4 H^4 O^3 + C^4 O^5 = C^8 H^4 O^8$, und wenn man dazu 2 aq. addirt, so erhält man $2\,(C^4 H^4 O^5)$.

Diese Vorstellungen lassen sich bis jetzt nicht vertheidigen, allein man darf den Satz für wahr halten, dass alle polybasische Säuren nicht als eine einzige Gruppe betrachtet werden können, sondern wenigstens als so viele zu einem Ganzen verbundene Gruppen, wie die polybasische Säure Aequivalente Basis in ihre neutralen Salze aufnimmt.

Dahin gehören denn die Weinsäure, die Aepfelsäure und die Mekonsäure.

Es kommen einige Säuren in Früchten vor, und es verdient Beachtung, dass sie alle durch ein einfaches Verhältniss zu einander ausgezeichnet sind:

Citronensäure . . .	$C^4 H^4 O^4 \times 3 = C^{12} H^{12} O^{12}$.
Aepfelsäure . . .	$C^4 H^4 O^4 \times 2 = C^8 H^8 O^8$.
Weinsteinsäure . .	$C^4 H^4 O^5 \times 2 = C^8 H^8 O^{10}$.
Traubensäure . . .	$C^4 H^4 O^5$.

Wenn es erwiesen ist, dass Wachholderbeeren erst Weinstein enthalten und darauf Aepfelsäure bekommen, so führt dies zu dem Schlusse, dass Pflanzensäuren unter Einflüssen, welche Sauerstoff entwickeln, in einander verwandelt werden können, und dann gelangen wir gleichsam von selbst zu der Ansicht, dass die im Pflanzensafte vorhandene Kohlensäure, sie möge zuvor in Kohlensäure verwandelt worden sein oder nicht, mit H^2 O, bei fortschreitender Desoxydation erst Weinsteinsäure (oder Traubensäure) und darauf Citronensäure oder Aepfelsäure bildet.

Die Citronensäure ist nach der wohlconstatirten Analyse des Silbersalzes, und nach den Analysen, welche *Berzelius* davon angestellt hat, eine complexe Säure, die aus

$$2 \times C^4 H^4 O^4 + C^4 H^2 O^3$$

besteht. Wenn nun die Aepfelsäure, $C^4 H^4 O^4$, aus Weinsteinsäure, und diese aus Kleesäure entstanden ist, welche letztere ihrerseits wieder aus Kohlensäure gebildet ist, dann lässt sich diese Auffassung vom Ursprung der Säuren auch ausdehnen auf die Aconitsäure und die Fumarsäure, die beide aus $C^4 H^2 O^3$ bestehen. Kohlensäure und Wasser, die in den Kreis des Stoffwechsels aufgenommen werden, können also, nach dem jetzigen Standpunkte unseres Wissens, die Säuren der Früchte und einige derjenigen, die sich in ihrer Zusammensetzung daran reihen, bilden.

Diese Ansicht wird noch besser begründet, wenn wir bedenken, dass zwar in den Pflanzentheilen, welche durch Luftkanäle frei mit der Atmosphäre communiciren, Oxydationsprodukte einiger sauerstofffreier oder sauerstoffarmer Körper entstehen; dass aber kein Grund vorhanden ist, um in Pflanzentheilen, welche stets unter desoxydirenden Einflüssen verkehren, eine so hohe Oxydation anzunehmen, wie es erforderlich sein würde, wenn aus einem der allgemein verbreiteten Pflanzenstoffe, z. B. Dextrin, Aepfelsäure oder Weinsteinsäure gebildet werden sollte.

Wenn diese Säuren in den Früchten einmal entstanden

sind, erhalten sie sich, und sie werden beim Reifen nur mehr und mehr durch den Zucker, dessen Menge zunimmt, eingehüllt.

Allgemeine durch die Pflanzen verbreitete Säuren.

Ausser den schon genannten

Aconitsäure	. . .	$C^4 H^2 O^3$
Fumarsäure		$C^4 H^2 O^3$

sind noch einige Säuren, entweder in einzelnen Pflanzentheilen, oder allgemein in gewissen Pflanzen vorhanden, z. B.

Mekonsäure		$C^{14} H^8 O^{14}$	in Opium,
Chinasäure		$C^7 H^8 O^4$	in China,
Veratrinsäure	. . .	$C^{18} H^{18} O^7$	im Sabadillsamen,
Valeriansäure	. . .	$C^{10} H^{18} O^3$	in Baldrian,
Roccellsäure	. . .	$C^{17} H^{32} O^4$	in Roccella tinct.,
Chinowasäure	. . .	$C^{38} H^{58} O^9$	in China nova.

Es lässt sich über ihre Bildung nichts mittheilen. Von der Valeriansäure wissen wir, dass sie auch künstlich aus dem Kartoffel-Fuselöl (Hydrat von Amyl-oxyd) $C^{10} H^{2\,2}O + H\,^2O$ unter der Einwirkung von Kali bereitet werden kann, wobei Wasserstoff ausgetrieben und Wasser gebunden wird.

Gerbsäure.

Die Gerbsäure, $C^{18} H^{10} O^9$, die so vielfach in verschiedenen Pflanzentheilen vertheilt und in einigen zu einer sehr grossen Menge angesammelt ist, begleitet sehr häufig das Stärkmehl, oder es wird davon begleitet. Wenn diese Gerbsäure mit verdünnter Schwefelsäure gekocht wird, so entsteht Gallussäure und Traubenzucker, von denen ein Theil in Huminsäure verwandelt wird.

1 At. Gerbsäure	. . .	$C^{18} H^{10} O^9$
2 At. Gallussäure	. . .	$C^{14} H^4 O^6$
		$C^4 H^6 O^3$.

Wenn sich dazu Wasser gesellt, so ist Traubenzucker gebildet.

Wenn Gerbsäure der Einwirkung des Sauerstoffs ausgesetzt wird, so entsteht daraus Gallussäure und Kohlensäure, deren Volumen dem absorbirten Sauerstoff gleich ist: die C^4 von $C^4 H^6 O^3$ nehmen O^8 auf und bilden 4 CO^2.

Wenn man zu diesen Thatsachen hinzufügt, dass mit Wasser befeuchtetes Galläpfelpulver Kohlensäure und Alkohol giebt, und dass Gallussäure und Gerbsäure bei der trocknen Destillation die nämlichen Produkte geben, so ist es wahrscheinlich, dass man es überall, wo man Gallussäure in Pflanzentheilen findet, mit einem Zersetzungsprodukte der Gerbsäure zu thun hat, an dessen Bildung die Pflanze keinen Antheil hat; es ist dies eine Zersetzung, bei welcher unter Bindung von Wasser entweder bloss Traubenzucker gebildet, oder unter Sauerstoffabsorption Kohlensäure ausgeschieden werden kann [1]).

Die Bildung von Gallussäure und Traubenzucker oder von Gallussäure und Kohlensäure, je nachdem Schwefelsäure oder Sauerstoff auf die Gerbsäure einwirkt, lehrt, dass in Gerbsäure eben so wie im Salicin, Traubenzucker gedacht werden darf, und dass es also erlaubt ist, die Gerbsäure als eine Verbindung von Gallussäure und Traubenzucker zu betrachten, wenigstens nach den Analysen zu urtheilen, welche wir jetzt von der Gerbssäure besitzen.

Wenn man sie stark und plötzlich erhitzt, entsteht sowohl aus Gerbsäure, wie aus Gallussäure ein oder mehrere Male $C^2 H^2 O$, nämlich Brenzgallussäure. Durch vorsichtiges Erhitzen von Gerbsäure oder Gallussäure bis auf 2 CO^2 entsteht aus beiden $C^6 H^4 O^2$, d. h. Metagallussäure.

Bei der vollkommenen Identität ganz eigenthümlicher Produkte pyrochemischer Zersetzung, hat man allen Grund, die Praeëxistenz der Gallussäure in Gerbsäure anzunehmen, namentlich im Zusammenhang mit dem Vorhergehenden.

[1]) Wenn die in Blättern vorhandene Gerbsäure Sauerstoff aufnimmt, so muss Kohlensäure ausgestossen werden. Auf diese Weise können adstringirende Blätter wirklich Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausstossen.

Es giebt noch eine Veränderung der Gerbsäure, welche aus einem physiologischen Gesichtspunkte Beachtung verdient, nämlich die Umwandlung in Apothema. Diese Verwandlung geschieht innerhalb und ausserhalb der Pflanzen, und besteht in einer Umsetzung der Bestandtheile der Gerbsäure, bei welcher sie Sauerstoff aufnimmt und Kohlensäure ausscheidet, und an welcher kein Pflanzenorgan Antheil hat.

Durch diese Verwandlung werden gerbsäurehaltige Rinden braun, z. B. die Chinarinde, Kastanienrinde, Weidenrinde, Eichenrinde, Zimmetrinde u. s. w. Die Kastanien selbst erscheinen weiss aus der Fruchthülle, sie werden aber bald braun. Diesem Umstand hat man die schöne Veränderung des Mahagoniholzes zuzuschreiben, wenn es der Luft ausgesetzt wird.

In Rinden, in welche die atmosphärische Luft leicht eindringen kann, erleidet also die Gerbsäure die nämliche Veränderung, als wenn eine Auflösung derselben an der Luft verdunstet. Es wird Apothema gebildet. Je brauner also die Rinden sind, desto weniger Gerbsäure und desto mehr Apothema ist in denselben enthalten.

Zimmtsäure.

Zimmtsäure muss nothwendiger Weise Bittermandelöl enthalten und also aus $C^{14} H^{12} O^2 + C^4 H^2 O$ bestehen. *Erdmann* und *Marchand* sahen ja beim Erhitzen mit Schwefelsäure und doppelt chromsaurem Kali Bittermandelöl entstehen, während es aus Benzoësäure, die auf gleiche Weise behandelt wurde, nicht entstand (Journ. Bd. 26, S. 497). Es kann indess auf diese Weise nur etwas von dem Bittermandelöl entweichen, und dies kann dazu dienen, die beiden Säuren von einander zu unterscheiden; allein der Sauerstoff, welcher frei wird, muss die grösste Menge des Bittermandelöls in Benzoësäure verwandeln. Es genügt aber, dass uns dieser Versuch einen ziemlich bestimmten Beweis giebt, dass in der Zimmtsäure wirklich Benzoylwasserstoff vorkommt und dass sie somit eine complexe Säure darstellt.

Die Verwandlung von Zimmtsäure in Salpeterbenzoësäure, wenn sie nämlich lange der Einwirkung von Salpetersäure ausgesetzt wird, führt zu demselben Schlusse (Bulletin, 1839, p. 380).

Die Zimmtsäure ist eine Oxydationsstufe eines Zersetzungsprodukts des Zimmtöls. $C^{18} H^{16} O^{2}$ entsteht durch den Austausch von H^{2} und O, also durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs; die ölige Substanz selbst, der Cinnamylwasserstoff, entsteht auf die folgende Weise:

	C	H	O
3 Aeq. Zimmtöl . .	60	66	6 + O^{6}
α) Harz . . .	30	30	4
β) Harz . . .	12	10	1
Cinnamylwasserstoff	18	16	2
Wasser 5 Aeq. . .		10	5
	60	66	12.

In der Zimmtrinde wird also nur $C^{20} H^{20} + O + H^{2} O$ abgeschieden; alles was man an Harzen oder Zimmtöl darin findet, sind Oxydationsprodukte dieses Oels.

Die *Benzoësäure* $C^{14} H^{10} O^{3}$ entsteht ohne Zweifel auf ähnliche Weise in der Benzoë. Das ätherische Oel aber, aus welchem erst Benzoylwasserstoff gebildet wird, welcher durch den Sauerstoff der Luft in Benzoësäure verwandelt wird, ist bisher der Beobachtung entgangen.

Salicin.

Nach späteren Untersuchungen *Piria's* [1]) besteht das Salicin aus nicht krystallisirbarem Zucker und einer Substanz, welche er Saligenin nennt:

Glucose . .	$C^{24} H^{40} O^{20}$
Saligenin . .	$C^{28} H^{32} O^{8}$
Salicin . .	$C^{52} H^{72} O^{28}$.

Man trennt diese Stoffe von einander durch Synaptase.

[1]) Comptes rendus, 24. Juillet 1843, p. 186.

Nachdem sie einige Stunden mit einander in Berührung gewesen sind, schüttelt man das Gemenge mit Aether und überlässt es dann der Ruhe. Das Saligenin ist im Aether aufgelöst. Es kristallisirt in grossen glänzenden Platten, giebt mit Eisenoxydsalzen eine indigoblaue Farbe; verdünnte warme Säuren verwandeln es in Salicetin; Salpetersäure in Picrinsäure; die anderen oxydirenden Körper in Salicylwasserstoff. Wenn verdünnte Salpetersäure auf Salicin einwirkt, so entsteht eine Verbindung von Glucose und Salicylwasserstoff $C^{52} H^{70} O^{31}$. Diese Substanz, welche er Helicin nennt, wird durch Synaptase, Säuren und Alkalien getrennt in Glucose, Salicylwasserstoff und Wasser:

Glucose	$C^{24} H^{40} O^{20}$
Salicylwasserstoff .	$C^{28} H^{24} O^{8}$
Wasser	$H^{6} O^{3}$
Helicin	$C^{52} H^{70} O^{31}$.

Wenn oxydirende Körper (doppelt chromsaures Kali und Schwefelsäure) auf Salicin einwirken, und Salicylwasserstoff daraus bilden, so glaubt *Piria*, dass das Saligenin Wasserstoff verlieren und die Glucose gänzlich oxydirt werden muss.

Das Salicin ist eine complexe Substanz, und das Saligenin $C^{28} H^{32} O^{8} = 2 \times C^{14} H^{16} O^{4}$ ist als eine Verbindung der Elemente des Wassers mit denen von Benzoylwasserstoff zu betrachten: $C^{14} H^{12} O^{2} + 2 H^{2} O$.

Benzoësäure, Spiraeaöl, Zimmtsäure, Salicin haben also die nämliche organische Gruppe mit einander gemein; die beiden letzteren sind aber complexe Verbindungen.

Das *Phloridzin* $C^{42} H^{58} O^{24}$ ist ebenfalls eine complexe Substanz, die sich insofern an Salicin anschliesst, als in beiden Fruchtzucker vorkommt. Durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure wird das Phloridzin zersetzt, der Fruchtzucker in der Flüssigkeit aufgelöst, und eine Substanz, welche Phloretin genannt wird, abgeschieden: $C^{30} H^{30} O^{10}$.

Phloretin . .	$C^{30} H^{30} O^{10}$
Fruchtzucker .	$C^{12} H^{28} O^{14}$
Phoridizin . .	$C^{42} H^{58} O^{24}$.

Wenn Phloridzin der Einwirkung von Ammoniak und Sauerstoff ausgesetzt wird, so entsteht daraus, geradeso wie das Orcein aus Orcin entsteht, eine schöne blaue Substanz, welche *Stass* Phloridzein genannt hat:

Wasserfreies Phloridzin	$C^{42} H^{46} O^{18}$
Ammoniak	$H^{12} N^{4}$
Sauerstoff	O^{8}
Phloridzein	$C^{42} H^{58} N^{4} O^{26}$.

Das Phloridzin ist also eine complexe Substanz, in welcher Traubenzucker vorkommt, und nichts destoweniger bildet sie mit Ammoniak und Sauerstoff eine dunkelblaue Substanz, in welcher die Elemente jenes Zuckers enthalten sind.

Dies wirft ein Licht auf die Natur der organischen Gruppen. Dass diese häufig sehr complex sind, kann das Phloridzein über allen Zweifel erheben. Andererseits sehen wir hieraus, wie vielfach der Zucker zur Bildung neuer Substanzen verwendet werden kann. Endlich können wir daraus lernen, wie ausserordentlich complex die Substanzen sein können, welche sich als Farbstoffe in den Pflanzen entwickeln.

Es giebt in der organischen Chemie eine Menge sogenannter bitterer indifferenter stickstofffreier Stoffe, die mit dem Salicin und Phloridzin zu einer Klasse gezählt werden. Sie sind aber nicht hinlänglich studirt, um sie hier aufnehmen zu können. Dahin gehören Anemonin, Hesperidin, Monesin, Myrrhoidin, Narcitin, Parin, Syringin, Lactucin, Smilacin, Stramonin, Taraxacin, Rumicin u.s.w. Ich verweise darüber auf die Lehrbücher der Chemie.

Bernsteinsäure.

$C^{4} H^{4} O^{3}$ kann durch Oxydation von Margarinsäure oder Stearinsäure mittelst Salpetersäure entstehen [1]).

Auf die nämliche Weise und durch dasselbe Mittel entsteht sie aus weissem Wachse. Das Wachs wird erst in ein Oel ver-

[1]) *Liebig*, Chimie organique, p. 543.

wandelt, welches darauf verschwindet, so dass nur Bernsteinsäure übrig bleibt [1]).

Wenn wir die Zusammensetzung von Myricin = $C^{20} H^{40} O$ stellen, und aller Kohlenstoff desselben zur Bernsteinsäure verwendet wird, so haben wir 5 ($C^4 H^4 O^3$) = $C^{20} H^{20} O^{15}$; woraus hervorgeht, dass O^{10} erfordert wird, um H^{20} zu oxydiren und O^{14}, um die Sauerstoffmenge zu liefern, welche dem Myricin zur Bildung von Bernsteinsäure fehlt.

Die Bernsteinsäure, welche im Bernstein und in den Harzen noch lebender Coniferen (nach *Unverdorben, Serbat, Lecanu*) gefunden wird, kann also ein Oxydationsprodukt einer wachsartigen oder fetten Substanz in den Pflanzen sein. Es ist um so mehr Grund vorhanden, einigen Werth auf diese Bildung von Bernsteinsäure zu legen, weil sie in altem Kümmelöl vorkommt und darin jedenfalls als Oxydationsprodukt gebildet ist [2]).

Wenn man sie in den Pflanzen findet, so geschieht dies immer nur in äusseren Theilen, zu welchen die Luft leicht Zutritt hat; sie kommt da mit Harzen gemengt vor, welche wir als Oxydationsprodukte kennen.

Aetherische Oele.

Aetherische Oele und Harze stehen zu einander in einem genetischen Zusammenhang; die letzteren entstehen nämlich aus den ersteren unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffs. Die meisten ätherischen Oele werden bei jener Umsetzung von Stoffen gebildet, welche in den Blättern vor sich geht. In Mentha und ähnlichen Pflanzen wird das Oel in den Blättern gebildet und dort aufgehoben, weil die Pflanze mit wässrigem Safte angefüllt ist. Dies geschieht, indem von einer — unbekannten — Substanz in den Menthablättern Sauerstoff ausgestossen wird. In Fenchel- und Anissamen geschieht diese Bildung des ätherischen Oels ebenfalls im Samen, welcher also während der Reife Sauerstoff entwickeln muss. In den Rosenblättern und anderen Blumenblättern geschieht die nämliche

[1]) *Ronalds*, in Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. 43. S. 356.

[2]) *Chevalier*, in Journ. de chim. méd. 1828. Janv.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Function in den Blumen, weshalb es auch keinem Zweifel unterliegt, dass riechende Blumen Sauerstoff abgeben. Man findet freilich in Kalmuss und einigen anderen Wurzeln ebenfalls ein ätherisches Oel, allein die Beispiele davon sind viel weniger allgemein, als die von ihrer Bildung in Blättern und Früchten, kurz in den Pflanzentheilen, welche Sauerstoff abgeben. Aus den Blättern steigen die im Pflanzensaft vertheilten ätherischen Oele durch die Rinde abwärts, und sie liefern also die in der Rinde enthaltenen Oele, entweder als solche — Zimmtöl, Terpenthinöl — oder im oxydirten Zustande, als Harze, Gummiharze, Balsam — Benzoë, Perubalsam, Storax —.

Die folgenden sind die am meisten bekannten ätherischen Oele:

1) *Elemiöl*, $C^{10} H^{16}$ (*Deville*).
2) *Citronenöl*, $C^{10} H^{16}$ (*Blanchet* und *Sell*).
3) *Pomeranzenöl*, $C^{10} H^{16}$ (*Voelckel*).
4) *Copaivöl*, $C^{10} H^{16}$ (*Soubeiran* und *Capitaine*).
5) *Kalmussöl*, $C^{10} H^{16}$ (*Schnedermann*).
6) *Fenchelöl*, $C^{15} H^{24}$ (*Cahours*).
7) *Wachholderbeerenöl*, $C^{15} H^{24}$ (*Soubeiran* und *Capitaine*).
8) *Cubebenöl*, $C^{15} H^{24}$ (*Soubeiran* und *Capitaine*).
9) *Nelkenöl*, $C^{20} H^{32}$
10) *Terpenthinöl*, $C^{20} H^{32}$ (*Dumas*).
11) *Sabinaöl*, $C^{20} H^{32}$ (*Dumas*, *Laurent*).
12) *Pfefferöl*, $C^{20} H^{32}$ (*Soubeiran* und *Capitaine*).
13) *Poleyöl*, $C^{10} H^{16} O$ (*Kane*).
14) *Basilicumstearopten*, $C^{20} H^{32} + 6 H^2 O$ (*Dumas* u. *Pêligot*).
15) *Rosmarinöl*, $C^{45} H^{76} O^2 = 9 (C^5 H^8) + 2 H^2 O$ (*Kane*).
16) *Bergamottöl*, $3 (C^{10} H^{16}) + 2 H^2 O$ (*Ohme*).
17) *Caryophyllin*, $C^{20} H^{32} O^2$ (*Dumas*).
18) *Baldrianöl* { *Borneen*, $C^{10} H^{18} O$ [1]; *Valerol*, $C^{12} H^{22} O^2$ } (*Gerhardt*).
19) *Cajaputöl*, $C^{10} H^{16} O$ (*Blanchet* und *Sell*).

[1]) Valeriansäure ist $C^{10} H^{18} O^3$. In der Pflanze scheint sie also aus Borneen $+ O^2$ zu entstehen.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MUENCHEN

Grundzüge

der

Experimentalphysik,

mit Rücksicht auf Chemie und Pharmacie,

zum Gebrauche bei

Vorlesungen und zum Selbstunterrichte,

von

Dr. ***H. Buff,***

Professor an der Universität zu Giessen.

Mit zahlreichen Holzschnitten und ausgeführten Tafeln.

Erste und zweite Lieferung.

gr. 8. geh. die Lieferung 20 Ngr. fl. 1. 12 kr. rhein.

Die dritte Lieferung wird bald erscheinen.

ANLEITUNG

ZUR

QUALITATIVEN CHEMISCHEN ANALYSE,

zum Gebrauche im chemischen Laboratorium zu Giessen.

Bearbeitet von

Dr. **Heinrich Will,**

ausserordentlichem Professor an der Universität zu Giessen.

Mit einer Vorrede von ***J. v. Liebig.***

Fein cart. Rh. fl. 1. 30 kr., — 26 Ngr.



C,Walter

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Mulder, G. J.

Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie von G. J. Mulder Aus dem Holländischen übersetzt von Jac. Moleschott

Heidelberg 1844

Chem. 237 t
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10073475-2